

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРІМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Різець ротаційний для точіння металевих композитів»

Виконав :

студент IV курсу, групи МІ-61-1

Болячевець Ярослав Юрійович _____

Керівник:

Доцент, кандидат технічних наук

Адаменко Юрій Іванович _____

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Різець ротаційний для точіння
металевих композитів»**

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Болячевцю Ярославу Юрійовичу

1. Тема проєкту «Різець ротаційний для точіння металевих композитів», керівник проєкту доцент, кандидат технічних наук, Адаменко Юрій Іванович затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 10.06.2020 _____
3. Вихідні дані до проєкту Розробити конструкцію ротаційного інструменту для обробки металевих композитів
4. Зміст пояснювальної записки інструмент для точіння металевих композитів, його види, конструкції класифікація, Розробка конструкції ротаційного різця, вибір схеми обробки, інструментального матеріалу, конструктивних та геометричних параметрів. Розробка технології виготовлення інструменту, оптимізація процесу, розрахунок режимів різання та припусків. Розробка пристосування для обробки конструктивного елемента, визначення сил затиску. Розробка керуючої програми, побудова державки в 3D, симуляція обробки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Аналіз конструкцій ротаційних різців, Креслення державки, вставки-перехідника, пластини, збірний кресленик,

схема зборки, техпроцес, збірний кресленик пристосування, симуляція обробки на ЧПК

6. Дата видачі завдання 04.03.2020 _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Аналіз конструкцій ротаційних різців	18.03.2020	
	Розробка конструкції ротаційного різця	8.04.2020	
	Розробка та оптимізація технологічного процесу виготовлення	22.04.2020	
	Розробка пристосування	05.05.2020	
	Розробка операції обробки на ЧПК	13.05.2020	
	Оформлення пояснювальної записки	29.05.2020	
	Представлення проекту до захисту	10.05.2020	

Студент

Болячевець Ярослав Юрійович

Керівник доцент, кандидат технічних наук, Адаменко Юрій Іванович

ЗАТВЕРДЖУЮ
 _____ Олександр ОХРІМЕНКО
 " ____ " _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Ротаційний різець для точіння металевих композитів
Зміст проекту	Розробити конструкцію ротаційного інструменту для обробки металевих композитів
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none"> 1. Матеріал деталі – металевий композит 2. Різальна частина різця – спеціальні твердосплавні пластини з багатошаровим покриттям 3. Кріплення різального елемента відбувається механічно за допомогою спеціального гвинта у вставку-перехідник 4. Вставка-перехідник кріпиться в державку термопатроном 5. Хвостовик порожнистий HSK
Особливі вимоги	

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Класифікація ротаційних різців
ОП	Складальний кресленик різця.

	Креслення круглої твердосплавної пластини. Креслення вставки. Креслення державки різця. 3D модель різця.
ТС	Ескіз технологічних операцій: - точіння хвостовика - розсвердлення отвору для нарізання різьби - нарізання різьби - фрезерування шпоночного пазу для передачі зусиль обертання - шліфування конусу патрона
КС	3D-модель пристосування для операції фрезерування шпоночного пазу Складальний кресленик пристосування Розрахунок сили затиску
СС	Оптимізація технологічного маршруту виготовлення державки різця.
ДС	
<p>Студент Ярослав БОЛЯЧЕВЕЦЬ дата «___» _____ 20__р.</p> <p>Керівник Юрій АДАМЕНКО . дата «___» _____ 20__р.</p>	

Прийняті позначення:

СП - стан питання

ОП – об’єкт проектування

ТС – технологічна складова

КС – конструкторська складова

СС – спеціальна складова

ДС- наукова складова

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛЕВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	10
1.1.Будова та властивості металічних композиційних матеріалів.....	10
1.2.Особливості механічної обробки металевих композиційних матеріалів.....	11
1.3.Аналіз конструкцій ротаційних різців.....	15
2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОТАЦІЙНОГО РІЗЦЯ.....	32
2.1.Вибір схеми обробки.....	32
2.2.Вибір інструментального матеріалу	35
2.3.Вибір конструктивних параметрів.....	38
2.3.1. Вибір робочої частини інструменту	38
2.3.2. Вибір хвостовика.....	41
2.4. Розробка корпусу ротаційного різця.....	44
3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ РІЗЦЯ.....	48
3.1.Вибір заготовки	48
3.2.Оптимізація процесу виготовлення корпусу державки.....	51
3.3.Маршрут обробки корпусу інструменту	60
3.4.Розрахунок режимів різання.....	65
3.5.Розрахунок припусків на механічну обробку.....	72
4. РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ІШПОНКОВОГО ПАЗА	74
4.1.Аналіз деталі та підбір пристосування	74
4.2.Визначення сил затиску в пристосуванні	79
5. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ	81
5.1.Побудова 3D моделі корпусу інструменту	81
5.2.Симуляція операції точіння конусу на ЧПК.....	85
Список літератури	89

АНОТАЦІЯ

Предметом даного дипломного проекту є розробка конструкції ротаційного різця для точіння металевого композитного матеріалу. Була проведена розробка оптимізованої технології його виготовлення та проектування пристосування для обробки конструктивного елемента. В якості інструментального матеріалу використовується твердий сплав, що здешевлює обробку композиту.

Ключові слова: ротаційний різець, точіння металевого композиту, фрезерне пристосування.

ANNOTATION

The subject of this diploma project is the development of the design of a rotary cutter for turning metal composite material. The development of the optimized technology of its production and design of the device for processing of a constructive element was carried out. As a tool material, a hard alloy is used, which reduces the cost of processing the composite.

Key words: rotary cutter, turning of metal composite, milling device.

ВСТУП

Деталі у формі тіла обертання являються досить розповсюдженими у сучасному машинобудуванні. Процес обробки включає в себе: задання руху заготовки навколо своєї – головного руху, орієнтація та підвід ріжучої кромки інструмента до заготовки – допоміжного руху. Розробка нових матеріалів з покращеними механічними властивостями являється одним із головних напрямків розвитку машинобудування і підіймає за собою питання про їх обробку. Використання металевих композиційних матеріалів дає можливість для розвитку цілої низки напрямків, але через високу вартість його обробки з'являються обмеження у використанні.

Метою проекту являється розробка конструкторсько-технологічного забезпечення виготовлення інструменту для обробки точінням металевих композиційних матеріалів, який би зменшив витрати на обробку та збільшив тим самим сфери використання композитів.

Для досягнення мети необхідно ознайомитись та виконати аналіз вже існуючих конструкцій, підібрати найбільш гарну або запропонувати свою, розробити та оптимізувати технологічний процес виготовлення. Для більш швидкого та технологічного виготовлення інструменту необхідно розробити пристосування та керуючу програму на верстат з ЧПК.

1 ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛЕВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Будова та властивості металевих композиційних матеріалів

Розвиток промислового виробництва характеризується стійким зростанням вимог до властивостей доступних матеріалів. Комплекс високих механічних характеристик матеріалу не завжди вдається отримати за рахунок легування відомих сплавів, тому в останні десятиліття бурхливо розвиваються технології створення та застосування композиційних матеріалів.

Композиційний матеріал – це штучний суцільний матеріал, який являє собою комбінацію щонайменше двох хімічно різнорідних матеріалів з чіткою границею розділу між ними. Він має властивості, яких не має жоден з матеріалів окремо. Композиційні матеріали складаються з матриці – полімерної, металевої, карбонової, керамічної та ін., яка армована наповнювачем з волокон, кристалів, тонкодисперсних частинок тощо.

Шляхом підбору хімічного складу і фізичних властивостей наповнювача (армуючого) і матриці (зв'язуючого), їх співвідношення, розмірів, просторової орієнтації наповнювача, схем армування, можна отримати матеріали з необхідним поєднанням експлуатаційних і технологічних властивостей.

У якості матриці в металевих композиційних матеріалах переважно використовують сплави алюмінію, магнію, нікелю, міді, титанових сплавів. Матриця забезпечує пластичність, теплопровідність композиту, а також передачу навантаження і його розподілення між армуючими елементами по об'єму деталі.

До армуючих волокон, що застосовуються в конструкційних композиційних матеріалах, висувається комплекс експлуатаційних і технологічних вимог. До перших відносяться вимоги щодо міцності, жорсткості, густини, стабільності властивостей у певному температурному інтервалі, хімічної стійкості. У якості армуючих компонентів використовують

скляні, карбонові, борні, органічні волокна, металеві дроти, а також волокна і ниткоподібні кристали оксидів, карбідів, нітридів та інших сполук: Al_2O_3 , SiC , AlN , Si_3N_4 , та інші [2]. До технологічних вимог відносять можливість створення продуктивного процесу виготовлення деталі, забезпечення заданих механічних властивостей компонентів та готового виробу.

Металеві композиційні матеріали (МКМ) мають унікальні механічні властивості, включаючи високу питому міцність і жорсткість, зносостійкість, високу температурну стабільність, високий коефіцієнт демпфірування та низький коефіцієнт теплового розширення.

Композиційні волокнисті матеріали з металевою матрицею переважно застосовують при низьких, високих і надвисоких температурах, в агресивних середовищах, при статичних, циклічних, ударних, вібраційних та інших навантаженнях. Шляхом армування металів волокнами прагнуть поліпшити властивості матричного металу, щоб підвищити робочі параметри тих конструкцій, в яких до цього використовували неармовані матеріали.

МКМ мають широку область застосування: окрім авіаційно-космічної, ракетної та інших спеціальних областей їх використовують в енергетичному турбобудуванні, в автомобільній промисловості – для корпусів та деталей машин. В гірничій промисловості – для бурового інструмента та бурових машин, у побутовій техніці – для деталей пральних машин, лез до бритв, рам до велосипедів, у будівництві мостів та мостових ферм, будівництві висотних будівель. Можливе використання в хімічній промисловості – для виготовлення цистерн, ємностей для зберігання хімікатів тощо [1].

1.2 Особливості механічної обробки металевих композиційних матеріалів

Механічна обробка МКМ порівняно з обробкою сплавів має ряд особливостей, викликаних як властивостями наповнювача, так і необхідністю забезпечення стабільності характеристик готової деталі.

Висока твердість наповнювача та його абразивна дія. Найбільш поширеними матеріалами для армування алюмінієвих сплавів є карбід кремнію (SiC) та оксид алюмінію (Al_2O_3), які мають високу твердість і використовуються для виготовлення абразивних інструментів. Це викликає обмеження під час вибору марок інструментальних матеріалів. Адже мікротвердість інструментального матеріалу для ефективної обробки має перевищувати мікротвердість оброблюваного матеріалу в 4-6 разів [13], але практично в ряді випадків досягнути цього не вдається. Висока твердість наповнювача є причиною інтенсивного зношення леза різального інструменту.

Високі зусилля та температура різання. Під час обробки різанням виникають значні зусилля та генерується значна кількість тепла. Це призводить до інтенсивного зношення різального інструменту не лише за рахунок абразивного, але й за рахунок адгезійного механізму. У ряді випадків температура в зоні різання перевищує теплостійкість інструментального матеріалу, що робить обробку неможливою.

Складність отримання високої якості обробленої поверхні. Розглянемо спрощену схему лезової обробки МКМ (рис. 1.1), [2].

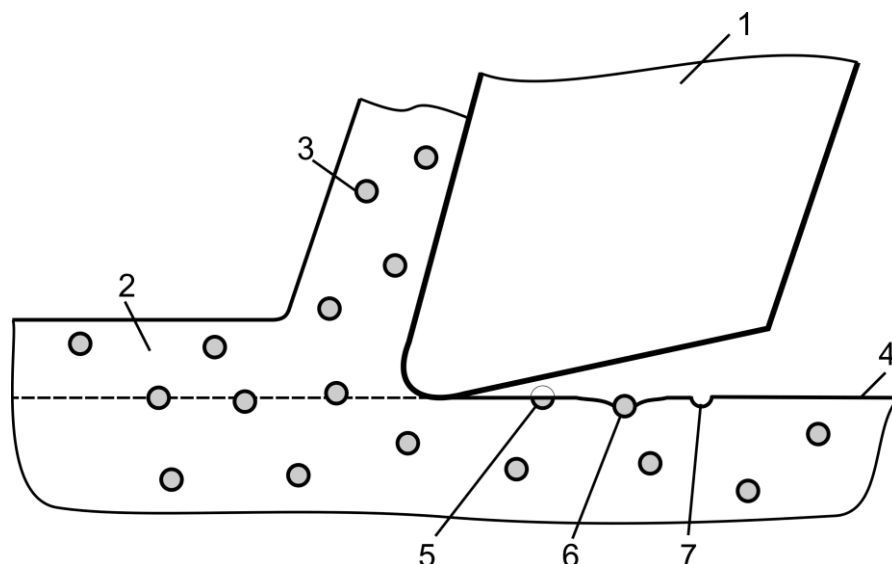


Рисунок 1.1 – Схема обробки металевих композиційних матеріалів

1 - лезо; 2 – матриця; 3 – наповнювач; 4 – оброблена поверхня;

5 – зрізаний елемент наповнювача; 6 – вдавнений елемент

наповнювача; 7 – лунка від вирваного елемента наповнювача

Між компонентами композиційного матеріалу, тобто матрицею 2 та наповнювачем 3 існує чітка границя розділу. Під час механічної обробки МКМ лезо 1 перетинає дрібнодисперсні частинки наповнювача. Залежно від співвідношення радіуса округлення різальної кромки та розміру частки, а також від положення часток наповнювача відносно траєкторії руху вершини леза можливі різні варіанти їх взаємодії:

- наповнювач 5 разом з матрицею може бути розрізаний лезом 1;
- наповнювач 6 може бути вдавненим в оброблену поверхню 4;
- наповнювач може бути вирваним з поверхні деталі 4 з утворенням лунки 7.

Коли наповнювач вдавлюється в оброблену поверхню або виривається з неї, то в поверхневому шарі виникають напруження, які викликають появу тріщин по границі розділу матриці та наповнювача. Це призводить до погіршення експлуатаційних характеристик деталі – зниження міцності, вібробезпечності, зносостійкості тощо. Інтенсивність утворення дислокацій залежить перш за все від властивостей матриці, концентрації та розташування наповнювача, міцності зв'язку між компонентами, швидкості деформації матеріалу та ін. [2].

Для МКМ, армованих волокнами, виникають аналогічні проблеми, тобто волокна або зрізаються, або втискаються в оброблену поверхню, або тягнуться за лезом, викликаючи утворення напружень між фазами композиту на величину значно більшу, ніж під час обробки звичайних сплавів. Порушення суцільності обробленої поверхні деталі з одного боку збільшує об'єм порожнин для розміщення мастильного матеріалу, але з іншого викликає напруження у поверхневому шарі деталі та знижує механічні характеристики деталі.

Механічна обробка металевих композиційних матеріалів викликає значні труднощі, і в ряді випадків стримує більш широке застосування цих матеріалів у промисловості.

Зношування інструмента відбувається в першу чергу через абразивну дію твердих частинок арматури в композиті. Під час обробки звичайним однолезовим різальним інструментом невелика частина різальної кромки постійно зазнає надзвичайно високих температур та зусиль різання. Стійкість інструменту падає та виникає значне зношення в зоні контакту. Обробка ММС є дуже дорогою через короткий термін служби дорогого інструмента. [2]

Для ефективної механічної обробки МКМ різальний інструмент має відповідати ряду вимог:

- мати високу твердість, вищу за твердість наповнювача;
- мати високу абразивну стійкість;
- мати високу теплостійкість, та високий коефіцієнт теплопровідності для відведення теплоти із зони різання;
- бути хімічно інертним до оброблюваного матеріалу;
- мати гостру різальну кромку для перерізування волокон наповнювача;
- надійне подрібнення та відведення стружки із зони різання;
- забезпечення високої продуктивності обробки;
- економічність.

На сьогоднішній день не існує ідеального інструментального матеріалу та інструмента, які би повністю відповідали усім вимогам. Підвищення продуктивності обробки досягається головним чином шляхом інтенсифікації режимів різання, за рахунок підвищення стійкості різальних інструментів, використання нових інструментальних матеріалів, методів їх зміцнення, оптимізації геометричних параметрів різальної частини, використання змащувально-охолоджуючих рідин та нових способів їх підведення у зону різання. Для механічної обробки металевих композитів застосовують інструменти з твердого сплаву в тому числі з покриттями, полікристалічного алмазу, кубічного та полікристалічного кубічного нітриду бору.

Одним з прогресивних методів обробки ММК є метод ротаційного різання. Він заснований на заміні традиційного тертя ковзання між робочими поверхнями різального інструмента та оброблюваного матеріалу на тертя кочення. Це досягається за рахунок оснащення ротаційного інструмента різальною пластиною з можливістю її обертання навколо своєї осі.

У роботі [2] описані дані експериментальних досліджень точіння МКМ, що складався з алюмінієвої матриці, армованої карбідом кремнію SiC. Об'ємна частка наповнювача складала 10%. Були взяті інструменти, оснащені твердосплавними пластини з одного й того ж інструментального матеріалу: самообертовий ротаційний різець; різець з нерухомою круглою пластиною того ж радіусу; різець з нерухомою квадратною пластиною та різець з нерухомою ромбічною пластиною. Найвищу стійкість продемонстрував ротаційний різець – 8 хв. У решти інструментів стійкість не перевищувала 3 хв. Шорсткість поверхні для всі інструментів поліпшувалась з підвищенням швидкості різання, причому найкращі результати показав різець з самообертовою пластиною.

Тому з метою вибору найбільш перспективних інструментів виконаємо аналіз конструкції ротаційних різців.

1.3 Аналіз конструкцій ротаційних різців

Ротаційне різання полягає у тому, що інструмент забезпечують різальною пластиною з круглою різальною кромкою, яка встановлена у підшипнику, і може вільно обертатися навколо своєї осі. Пластину встановлюють з великим кутом нахилу $\lambda=40\ldots60^\circ$. Під час процесу різання стружка, що сходить по передній поверхні, змушує круглу різальну пластину обертатися навколо своєї осі.

Таким методом можуть оброблятися зовнішні та внутрішні поверхні, які мають форму тіл обертання, тобто – циліндричні, конічні, фасонні, торцеві.

Спосіб ротаційного різання має низку переваг у порівнянні з традиційними методами обробки. Завдяки більшій довжині круглої різальної

кромки та неперервному обертанні під час роботи досягається переривчаста та короткострокова робота кожної з ділянок пластини, гарні умови охолодження кромки та її рівномірне зношення. Температура в зоні різання знижується до 40% у порівнянні з традиційним інструментом. Це досягається за рахунок рівномірного розподілення тепла по всій довжині різальної кромки [3].

Розглянемо конструкції ротаційних різців на основі патентних та літературних джерел з метою аналізу їх конструктивних особливостей та визначення найбільш перспективних конструкцій, придатних для точіння деталей з МКМ.

Ротаційний різець за патентом RU 2445190 [4] складається з державки 1, в отворі якої запресовані графітові підшипники 3 і 4 (рис.1.2). В підшипниках обертається вал 2, на якому тангенціально розміщена різальна пластина 5, затиснена гайкою 6. Для тангенціального розміщення пластини характерним є те, що торцева поверхня пластини є задньою поверхнею, а бічна кінцева поверхня пластини є передньою поверхнею. Для змащення графітових підшипників передбачена кільцева порожнина 7, в якій знаходиться мастильний матеріал. Для попередження потрапляння стружки у зазор між пластиною 5 та підшипником 4, на різці закріплюється стружковідвідна втулка 9 за допомогою пайки 8.

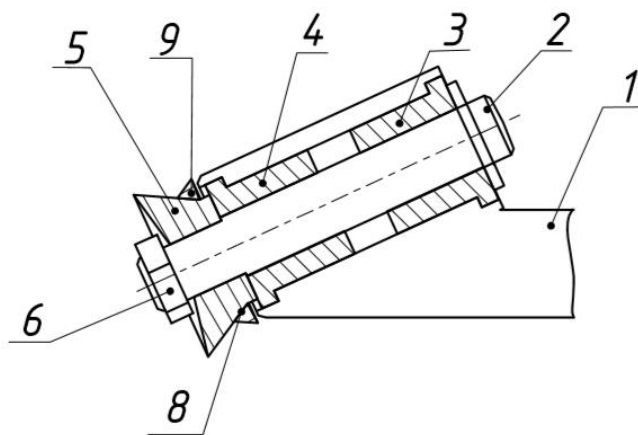


Рисунок 1.2 – Схема ротаційного різця з графітовими підшипниками

До переваг наведеної конструкції можна віднести:

- низький коефіцієнт тертя під час самообертання пластини під дією стружки;
- простота конструкції;
- низькі втрати енергії на тертя у підшипниках за рахунок змащення;
- наявність захисту від попадання стружки у підшипник;

Недоліком конструкції є:

- підвищене радіальне биття пластини через наявність зазору між валом та підшипником;
- зменшення стійкості пластини внаслідок напайки втулки
- невисока міцність через те, що зусилля різання сприймається графітовим підшипником ковзання, що може призвести до його руйнування.

Ротаційний різець за патентом RU 2337793 [5] складається з державки 1, та шпинделя 2 з круглим робочим елементом 3 у формі чашкового різця чи круглої різальної пластини. Ротор 2 встановлено у радіальному підшипнику ковзання 4, виготовленого з антифрикційного матеріалу (рис. 1.3). Осьове навантаження сприймають ділянки підшипника 4, які розташовані перпендикулярно до осі ротора 2. Різець додатково оснащений осьовим підшипником 6 у вигляді шайби. Осьовий зазор у кінчному з'єднанні ротора 2 і підшипника 4 регулюють круглою гайкою 7 і розрізною гайкою 9 з дрібною метричною різьбою. Стопоріння гайки 7 виконують гвинтом 8, а розрізної гайки 9 – фіксуючим гвинтом 10.

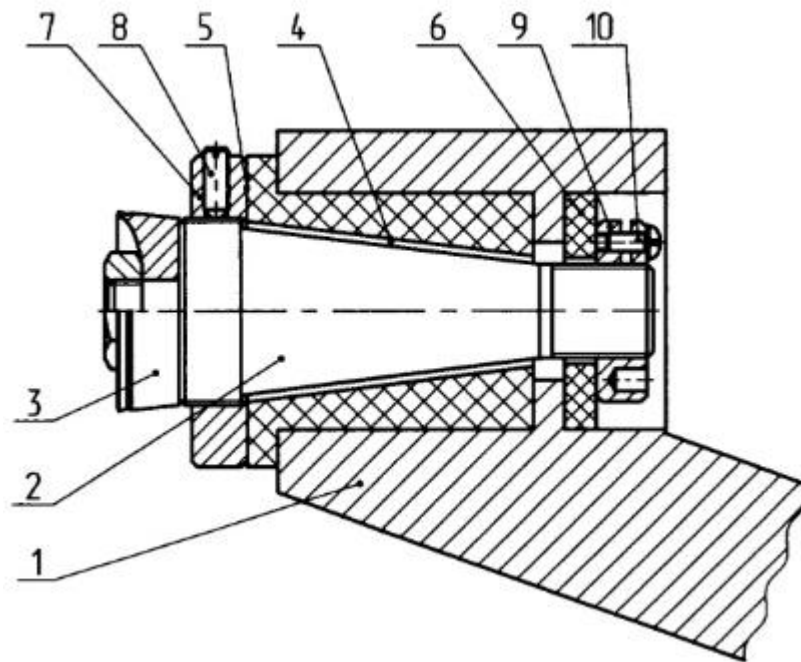


Рисунок 1.3 – Схема ротаційного різця з графітовими підшипниками та можливістю регулювання зазору

Переваги такої конструкції:

- можливість регулювання радіального зазору;
- збільшення довговічності підшипникової пари;
- простота виготовлення.

Недоліком конструкції є:

- підвищене радіальне биття пластини через наявність зазору між валом та підшипником
- зміна величини зазору під дією сили різання.

Роторна різальна головка з можливістю гальмування осі за патентом RU 2368464 [6] складається з циліндричного корпусу 1 та осі 2 з круглим робочим елементом 3 закріпленим на осі 2 гайкою 4 (рис. 1.4). Вісь 2 встановлена у корпусі 1 на радіально-упорних конічних підшипниках 5, які мають виступаючі упори 6. Також головка має пристрій 7 для гальмування осі 2 з конічною периферійною поверхнею 8. У корпусі 1 розміщена кришка 9 з конічним отвором 10, який взаємодіє з поверхнею 8 бурта 7. Гальмування осі 2 в корпусі 1 відбувається осьовим переміщенням кришки 9 і забезпечується силами тертя між поверхнями 8 та 10.

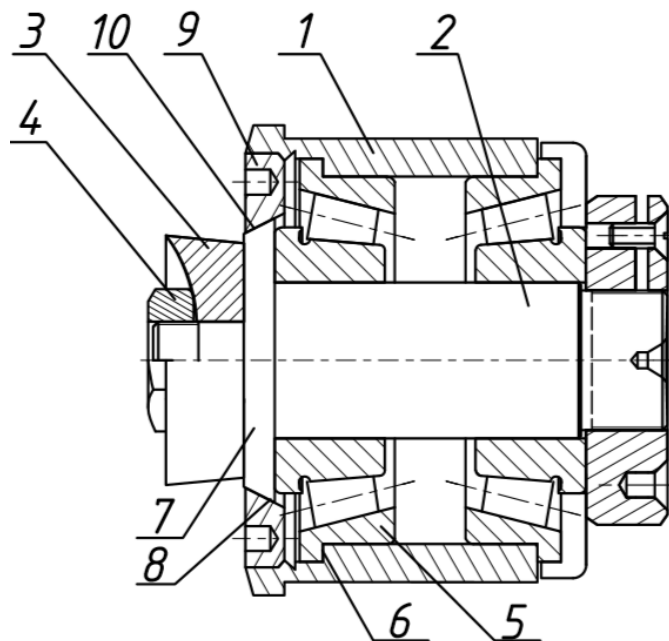


Рисунок 1.4 - Ротаційна головка за патентом RU 2368464
Переваги роторної головки:

- незначне биття різальної кромки;
- можливість гальмування пластини;
- здатність самообертання;
- висока радіальна жорсткість;
- можливість застосування високої швидкості роботи;
- захищеність підшипникового вузла від потрапляння стружки.

Недоліком конструкції є:

- великі габаритні розміри головки;

- чутливість до високих температур;
- зі збільшення якості підшипників збільшується ціна головки;
- складність кріплення самої головки

Конструкція за US 4178818 [7] складається з пластини 1 з різальною кромкою 2, яка встановлена на валу 3 за допомогою гайки (рис. 1.5). Вал 3 розміщується в корпусі 5 у підшипниках 4. Вал 3 має наскрізний отвір 6 та турбіну 7, за допомогою якої відбувається примусове обертання різця перед початком роботи.

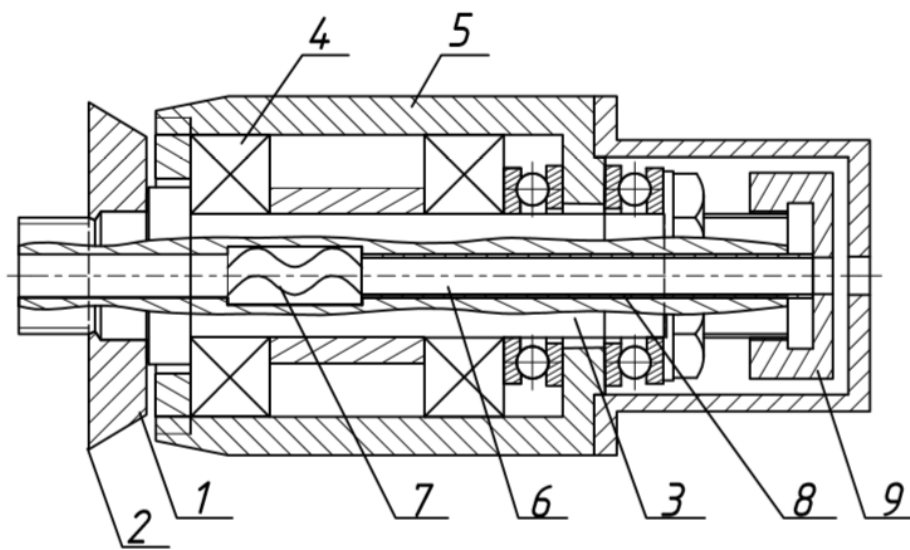


Рисунок 1.5 - Ротаційна головка з турбіною за патентом US 4178818

Переваги такої конструкції:

- висока радіальна жорсткість за рахунок більшої кількості підшипників;
- примусове обертання перед початком роботи дає кращий результат обробки деталі

Недоліки інструмента:

- велика кількість підшипників, отже більша ціна головки
- відсутність ЗОТС.

Різець за патентом US 7156006 [8]. Деталь 10 швидко обертається навколо своєї осі (рис. 1.6). Інструмент являє собою державку 50 з закріпленою на ній нерухомо пластиною 100 з різальною кромкою 125. Різальна пластина

по відношенню до деталі встановлена радіально. Рух пластини надає шпиндель верстата 75. Державку 50 закріплено у корпусі 80 за допомогою гайки. Пластина 125 примусово обертається навколо осі 105, причому є можливість регулювання напрямку та швидкості обертання. Тобто швидкість обертання різальної пластини може дорівнювати швидкості головного руху різання, а також може бути більшою чи меншою за неї. У державці 50 наявний отвір для подачі ЗОТС.

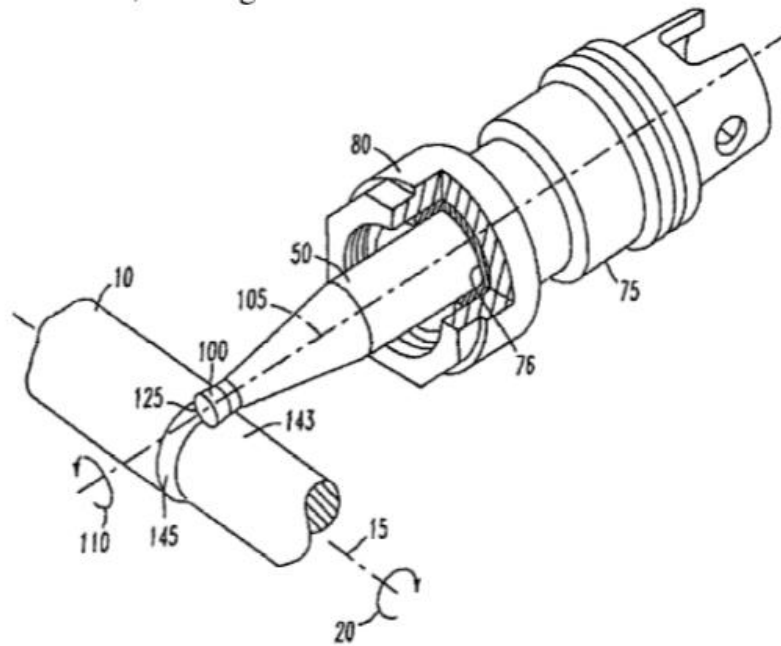


Рисунок 1.6 – Різець закріплений у патроні за патентом US 7156006

Переваги конструкції:

- проста і універсальність;
- можливість керування параметрами обробки;
- використання інструмента на верстатах з ЧПК;
- можливість швидкої заміни пластини
- можливість подачі охолоджуючої рідини.

До недоліків можна віднести:

- ЗОТС не подається безпосередньо у зону контакту
- використання конструкції можливе тільки на токарно-фрезерних або спеціальних верстатах;

Циліндричний інструмент за патентом US 839383082 [9] обертається на великих швидкостях (2000 ...10000 об/хв) навколо своєї осі. У корпусі інструменту на довжині 20 виконані канали 4 для підведення ЗОТС, частина 21 виконується меншим діаметром (рис. 1.7). На частині 21 закріплено різальну пластину 22. Охолодження частини інструменту 21 та самої пластини 22 відбувається за допомогою ЗОТС, яка подається через випускні отвори 23 по виїмці 25 та похилій ділянці 30 та спрямовується у потрібне русло.

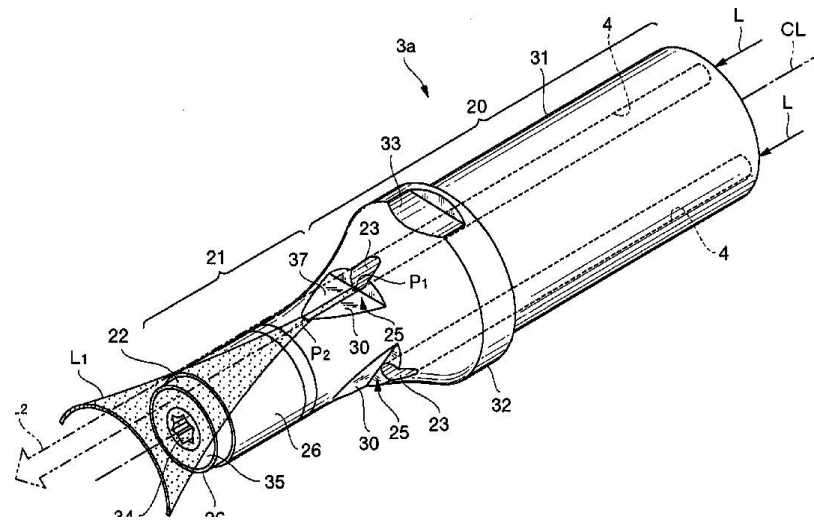


Рисунок 1.7 – Циліндричний інструмент за патентом US 839383082

Переваги конструкції:

- примусове обертання інструмента (контроль режимів);
- подача ЗОТС безпосередньо у зону контакту пластини з заготовкою;
- можливість застосування високої швидкості обробки.

До недоліків можна віднести:

- відносна складність виготовлення отворів під ЗОТС;
- використання конструкції можливе тільки на токарно-фрезерних верстатах;

Інструмент за патентом US 8776649 [10] обертається навколо своєї осі (рис. 1.8). На корпусі 1 закріплено різальну пластину 2 гвинтом 3. Інструмент працює за тангенціальною схемою різання, тобто задньою поверхнею є торець

різальної пластини, а передня поверхня є конічною. Для поліпшення стружколамання і стружковідведення із зони різання пластина 2 має ряд виступів 4. Інструмент має власний привід, тому обертання різальної пластини може бути спрямоване в один чи інший бік і є можливість призначати раціональну для конкретного випадку швидкість його обертання. Для закріплення в патроні верстата використовують стандартні хвостовики 5 з можливістю подачі ЗОТС у зону різання.

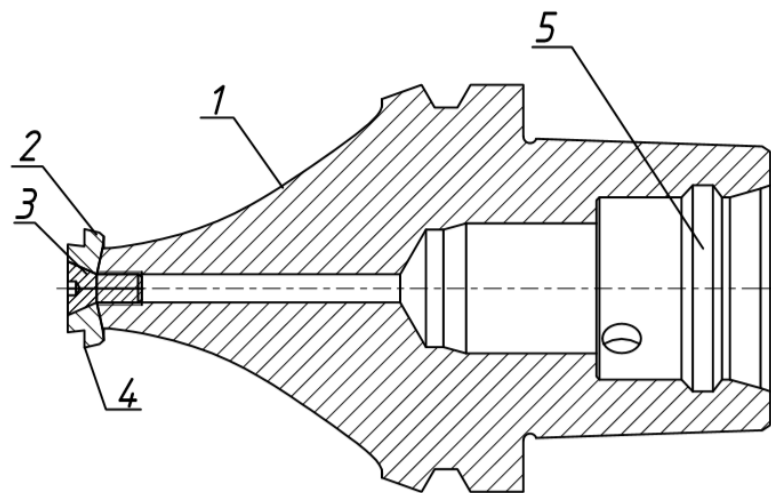


Рисунок 1.8 - Інструмент за патентом US 8776649

Переваги такої конструкції:

- простота конструкції;
- інструмент є відносно коротким, жорстким, отже вібрації та дисбаланс утримуються на низькому рівні;
- можливість керування параметрами обробки;
- можливість використання інструменту на верстатах з ЧПК;
- швидка заміна різальної пластини;
- можливість подачі ЗОТС у зону різання;

До недоліків можна віднести:

- необхідність застосування спеціального обладнання
- недостатня жорсткість рухомих елементів верстата.

Інструмент за патентом RU 2566245 складається з державки 1 оснащеної жорстко закріпленою втулкою 2, у якій на підшипниках 3, 4, 5 встановлена вісь 6 з можливістю вільного обертання (рис. 1.9). В обох торцях осі 6 виконані співвісні різьбові отвори. Вісь 6 виконана з опорним фланцем 7, робоча поверхня якого має вигляд конічної чашки 8. В конічній чашці 8 базується кругла різальна пластина 11. Затиск пластини 11 здійснюється за допомогою болта 9 з торцевим буртом 10. Опорний фланець 7 осі 6 нижньою частиною спирається на опорний підшипник 3, а бічні поверхні встановлені в радіальних або конічних підшипниках 4, 5. Натяг в підшипниках регулюють за допомогою проміжних кілець і фіксують гвинтом 12.

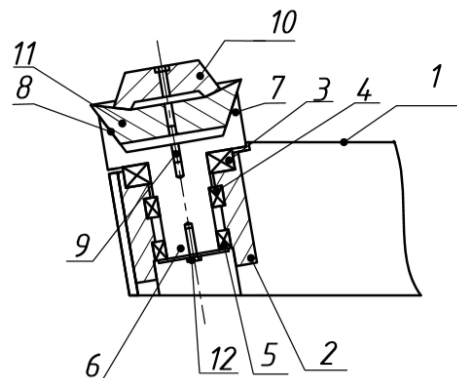


Рисунок 1.9 – Схема ротаційного різця патенту RU 2566245

Переваги такої конструкції:

- висока жорсткість базування чашки по зовнішньому конусу
- швидка заміна пластини

До недоліків можна віднести:

- підвищене биття пластини через наявність зазору між валом та підшипником

Інструмент з автоматичним періодичним поворотом різальної кромки зображений на рис. 1.10. Різальна пластина 1 розташована на осі 2. На протилежному кінці осі 2 розташоване храпове колесо 8 в зачепленні з яким знаходиться собачка 9, зв'язана зі стійкою 7. Поздовжнє переміщення собачка 9 отримує від електромагніта 6, з яким вона з'єднана шарнірно

тягою 3. В зворотне положення систему повертає пружина 5. Всі елементи збираються в корпусі 4.

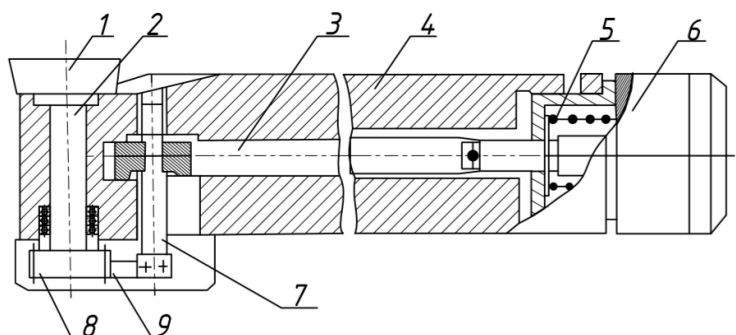


Рисунок 1.10 – Різець з автоматичним періодичним поворотом різальної кромки

Переваги такої конструкції:

- автоматичний поворот різальної пластини після заданої кількості проходів або деякого часу роботи;
- можливість стружколанання.

До недоліків можна віднести:

- складність конструкції

Конструкції ротаційних різців можна класифікувати за рядом ознак:

1. За розташуванням пластин [3]:

1.1. Радіальне

1.2. Тангенціальне

При радіальному розташуванні торцева поверхня пластини є передньою поверхнею, а бічна конічна – є задньою (рис. 1.11, а). При тангенціальному розташуванні пластини – навпаки (рис. 1.11, б).

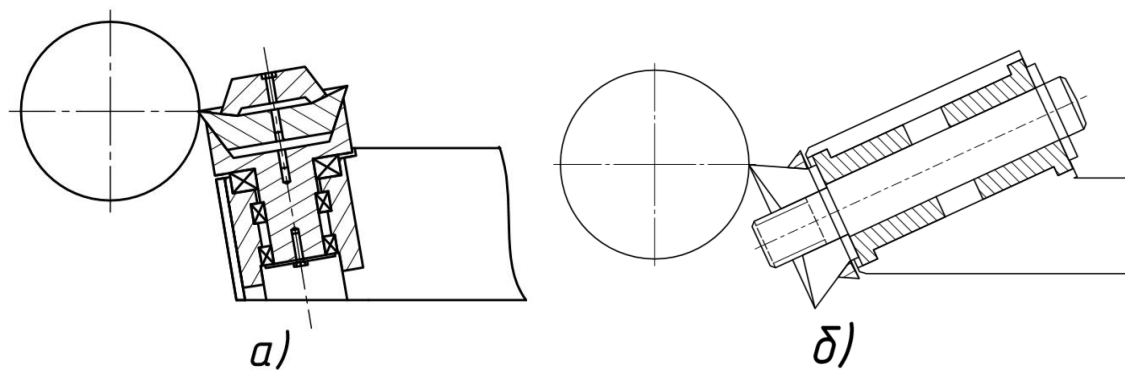


Рисунок 1.11 – Схеми ротаційного різання а) радіальна; б) тангенціальна

2. За схемою установки ротаційного інструмента (в залежності від напрямку обертання пластини) [3]:

2.1. Пряма

2.2. Обернена

При прямій установці вісь обертання пластини нахилена на кут λ у напрямку вектора подачі (рис. 1.12). І відповідно стружка теж сходиться у бік напрямку вектора подачі, тобто вперед у бік шпинделя верстата. Ротаційний різець, вісь якого нахилена у бік, протилежний до вектора подачі, вважають встановленим за оберненою схемою, при цьому стружка відводиться назад, у бік заднього центра.

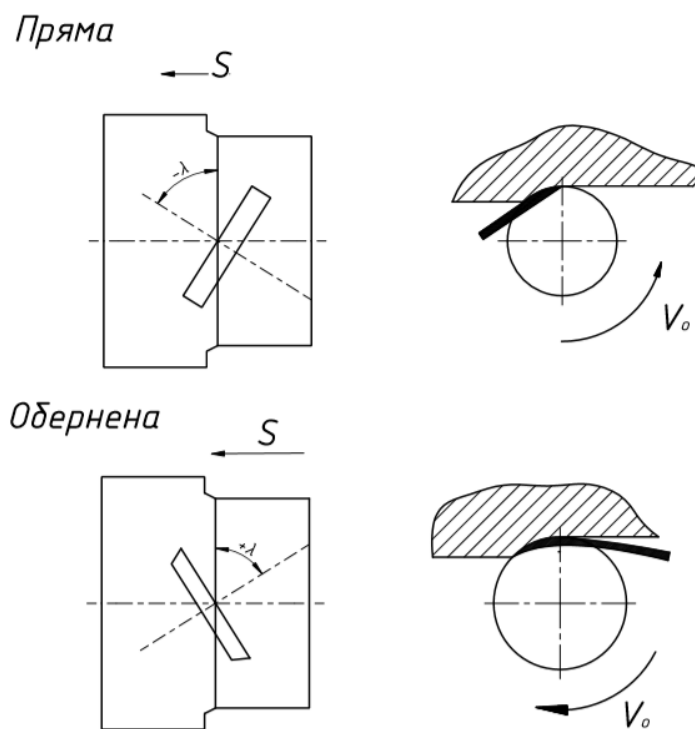


Рисунок 2.2 – Пряма та обернена схеми установки токарних різців

3. Обертання пластини:

3.1. Самообертання

3.2. Примусове обертання

3.2.1. Автоматичне періодичне обертання

3.2.2. Від окремого приводу

Самообертання відбувається під дією стружки, що ковзає по передній поверхні різальної пластини і примушує її обертатися навколо своєї осі. Самообертання пластини залежить швидкості різання та кута нахилу осі різальної пластини. При малих значеннях λ самообертання може і не проявитися, а при великих значеннях λ виникають значні вібрації. Примусове обертання здійснюють періодично або постійно від окремого приводу. При цьому є можливість керувати як напрямком, так і величиною швидкості обертання різальної пластини залежно від умов обробки.

4. Приводи обертання різальної частини [3]:

4.1. Електродвигуни

4.2. Пневмо- та гідромотори

4.3. Кінематичний зв'язок між головним рухом та рухом подачі

Для примусового обертання різальної пластини переважно застосовують автономні електричні приводи, хоча це й підвищує вартість механічної обробки. Пнеumo- та гідروпривід обертання різальної пластини доцільно використовувати лише на верстатах, оснащених відповідними системами. Кінематичний зв'язок між головним рухом різання та рухом подачі використовують переважно на верстатах з ЧПК, оснащених кроковими двигунами.

5. Універсальність інструменту

5.1. Можливість використання на універсальних верстатах

5.2. Можливість використання лише на спеціальних верстатах

Очевидно, що застосування ротаційних різців на універсальному обладнанні є більш привабливим, однак застосування спеціальних верстатів відкриває додаткові можливості підвищення ефективності механічної обробки за рахунок вибору раціональних режимів процесу різання.

6. За наявності механізмів контролю швидкостей обертання

6.1. Наявні

6.2. Відсутні

Самообертання виключає можливість контролю швидкості обертання робочої частини незалежної від інших параметрів обробки таких як швидкість обороту шпинделя та кута нахилу осі робочої частини, що значно зменшує потенціал інструменту. Наявність на спеціальних верстатах та на верстатах з ЧПК механізмів контролю швидкостей обертання дає можливість коригувати параметри обробки та виконувати налаштування за допомогою керуючих програм.

7. Подача ЗОТС

7.1. Внутрішня

7.2. Полив

7.3. Відсутня

Температурний контроль робочої частини та оброблюваного матеріалу є важливим фактором, що впливає на працездатність інструменту та якість отримуваної деталі. Внутрішнє підведення ЗОТС дає можливість найбільш точно направити потік рідини у зону обробки, але відзначається значною трудомісткістю виготовлення інструмента та пристосування. Простішим, дешевшим, але менш ефективним способом охолодження різальної кромки та заготовки є полив ЗОТС. Недоліком такого способу є те, що під час інтенсивної роботи верстата ЗОТС не встигає потрапити у зону обробки. Відсутність подачі ЗОТС є найпростішим варіантом і використовується, коли ЗОТС негативно впливає на матеріал деталі або матеріал різального інструмента.

8. Відведення стружки із зони різання:

- 8.1. Наявний стружколом
- 8.2. Відсутній стружколом
- 8.3. Наявна стружковідвідна втулка
- 8.4. Без допоміжних пристосувань

Стружколом змінює напрям сходження стружки, що призводить до її руйнування. Зі зменшенням довжини стружки зменшується ймовірність потрапляння у робочу зону, що покращує якість обробленої поверхні. Стружковідвідна втулка підвищує працездатність інструменту, відводячи стружку від опор інструмента.

9. За матеріалом пластин

- 9.1. Стальні
- 9.2. Твердосплавні

Кожен інструментальний матеріал має свої різальні властивості і його застосування залежить від матеріалу заготовки та умов роботи інструмента. Стальні пластини є найбільш дешевими та простими у виготовленні, але під час обробки металевих композитів мають надзвичайно низьку стійкість і використовуються обмежено. Твердосплавні пластини отримують методом порошкової металургії, покращують нанесенням покриття, що і потребує

більше затрат на виготовлення. Результатом являється збільшена швидкість обробки деталей, більша твердість матеріалу та витривалість до температурних навантажень аж до 800 °С. Надтверді матеріали мають найкращі показники твердості та витримують ще більші температурні навантаження, але інструментальний матеріал є дуже дорогим [12].

10. За типом опор

10.1. Підшипники ковзання

10.2. Підшипники кочення

10.3. Гідростатичні

10.4. Комбіновані

Для стабільного обертання інструмента необхідно подбати про надійні опори. Від якості підшипникових опор залежить якість обробки деталі та працездатність інструмента в цілому. Підшипники ковзання є компактними та стійкими до вібрацій, але вони не є розповсюдженими через чутливість до високих температур, великі втрати на тертя, труднощами пов'язаними зі змазкою, також вони потребують високої точності виготовлення поверхонь ковзання. Під час експлуатації періодично необхідно вибирати зазори. Тому підшипники ковзання не є розповсюдженими, вони використовуються для роботи у важких умовах при невеликих швидкостях різання. Найбільш широко використовують підшипники кочення. Вони характеризуються високою точністю обертання і малими втратами на тертя, достатньо жорсткі та довговічні, регулювання зазорів не є тяжким, просте обслуговування. Із недоліків можна виділити великі габарити. Гідростатичні підшипникові вузли надійні, мають низькі втрати на тертя, але потрібно постійно підтримувати тиск змащувальних рідин у таких опорах. При низьких та середніх швидкостях обертання можуть використовуватись комбіновані підшипникові вузли. Найчастіше в якості радіальних опор використовують підшипники ковзання, в той час як в якості осьових виступають підшипники кочення.

Для ефективної обробки металевих композиційних матеріалів необхідно, щоб різальний інструмент забезпечував:

- високу продуктивність обробки;
- надійне подрібнення та відведення стружки із зони різання;
- відведення теплоти із зони різання;
- надійність перерізування волокон наповнювача та задану якість обробленої поверхні;
- економічність обробки.

Розглянувши різні конструкції ротаційних різців, можна прийти до висновку, що найбільше встановленим критеріям задовольняють різці з тангенціальним розташуванням різальних пластин та їх примусовим обертанням. Тому у якості базової конструкції для подальшої розробки різального інструменту була вибрана конструкція за патентом US 8776649 [10].

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОТАЦІЙНОГО РІЗЦЯ

2.1 Вибір схеми обробки

У якості базового інструмента для подальшої розробки конструкції був прийнятий ротаційний різець за патентом US 8776649 [10]. Він працює за тангенціальною схемою різання, та за прямою схемою установки. Закріплення оброблюваної заготовки 3 здійснюється у шпинделі 1 за допомогою патрона 2 (рис. 2.1). Верстат керується програмною системою, яку закладено у пристрій 5. Пристрій 5 дає команду приводу для обертання заготовки 4. Привід 9, який відповідає за рух інструмента, також контролюється пристроєм 5, як і система подачі інструменту по осях X, Y і Z за допомогою механізмів 12, 13 і 14 відповідно. Таким же чином відбувається рух інструмента 6 навколо осі B приводом 15. Налаштування інструмента навколо осі B приводом 15 можливо виконувати у діапазоні 10° в кожен бік, бажано обирати значення 5° або -5° .

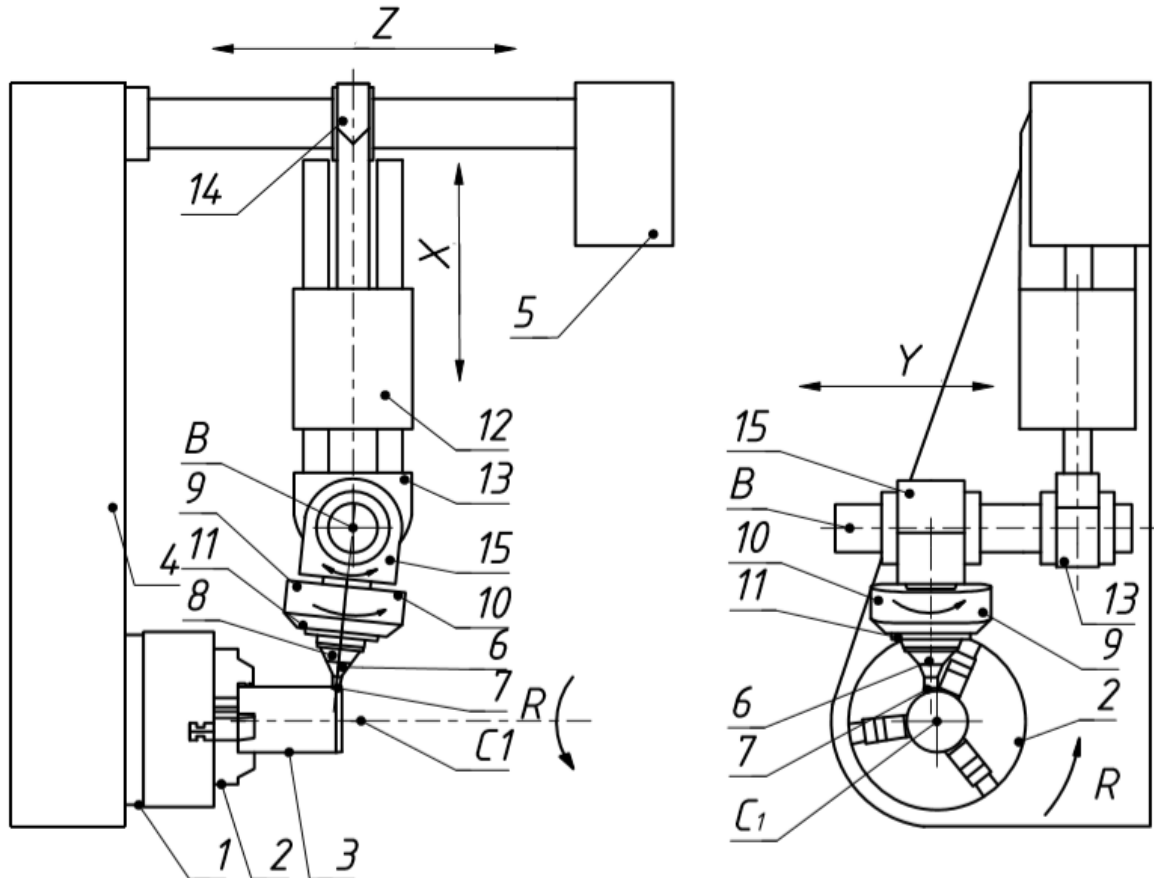


Рисунок 2.1 – Верстат для ротаційного інструмента [10]

Робоча частина 7 інструмента 6 виконана із інструментального матеріалу та кріпиться у сталій державці 8. В свою чергу інструмент 6 кріпиться в шпindel 10 за допомогою муфти 11. Шпindel 10 отримує рух від привода 9, контроль якого виконує пристрій 5.

Швидкість головного руху різання, тобто обертання заготовки 3, може суттєво відрізнятись від швидкості обертання робочої частини 7 ротаційного інструмента. Відношення між швидкостями обирається відповідно до оброблюваного матеріалу і може регулюватись під час робочих операцій або між ними. Швидкість обертання різального інструменту може приймати значення від 1 до 3000 об/хв. Під час високої швидкості обертання робочої частини 7 та заготовки 3 з'являється надмірне тертя, що призводить до збільшення температури та можливого оплавлення деталі. Невисока швидкість обертання у поєднанні з некруглою ріжучою кромкою допомагає ефективно руйнувати стружку.

Також, окрім спеціальних верстатів, даний інструмент може використовуватись на сучасних токарно-фрезерних верстатах з ЧПК. Наприклад, верстат токарно-фрезерний з ЧПК Takisawa TMT 4500 S зображений на рис. 2.2. Інструмент працює за тангенціальною схемою різання, має два шпинделі 1, закріплені на одній осі C_1 , з патронами 2 в яких закріплено оброблювану заготовку 3. Використовуючи два патрони, стає можливим перехоплення оброблюваної деталі без зупинки двигуна, що дає змогу обробити деталь у місці закріплення, однозначно зекономить штучний час на обробку. Обробка заготовки 3 відбувається різальною частиною 4, виконаною з інструментального матеріалу, яка кріпиться у державку 5, виконану зі сталі. Державка 5 кріпиться у шпindel 6 та отримує від нього обертання навколо осі C_2 . Інструмент виконує рухи по осях X, Y, Z, можливий поворот осі B складає 120° у кожен бік.

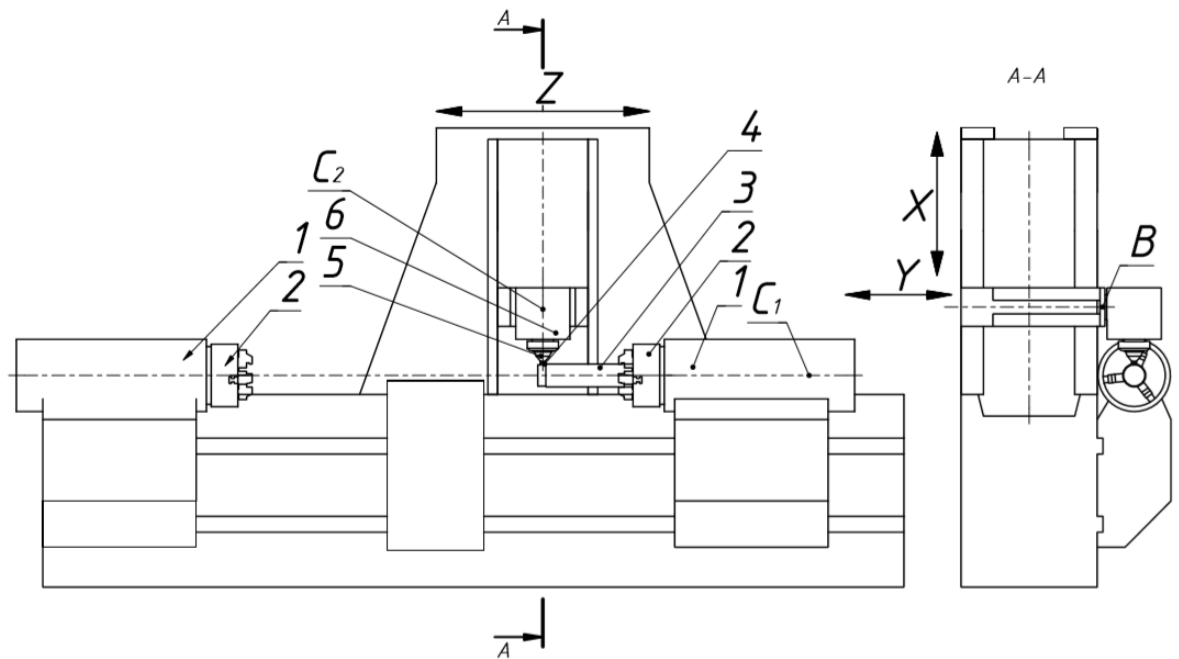


Рисунок 2.2 – Схема токарно-фрезерного верстата з ЧПК

У статичній системі координат, орієнтованій відносно вектора головного руху різання, задані значення переднього γ та заднього α кутів отримують за рахунок зміни положення інструменту у просторі, повертаючи його навколо осі В (рис. 2.1, 2.2) на кут β_v . Кути закріплення інструменту зображені на рис. 2.3.

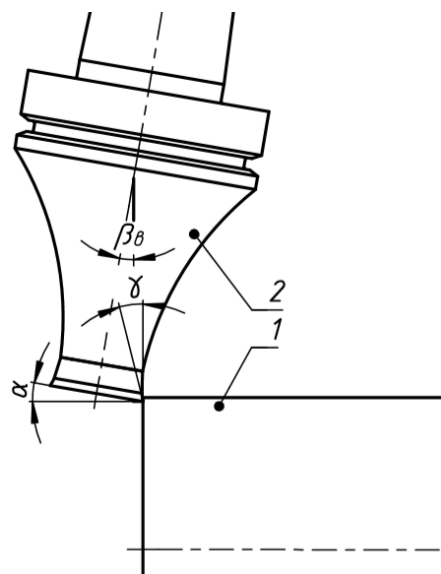


Рисунок 2.3 – Схема установки інструмента

В залежності від напрямку повороту шпинделя інструменту можливі два варіанти роботи інструменту: пряме та обернене (рис. 2.4). Заготовка 1 обертається навколо осі C_1 в напрямку R . Інструмент 2 обертається навколо осі C_2 в напрямку K . В залежності від напрямку обертання інструменту 2, стружка 3 змінює напрям сходу. У випадку А виконується пряме обертання і стружка 3 сходить у бік обробленої поверхні, у випадку з оберненим обертанням стружка 3 йде у бік необробленої поверхні

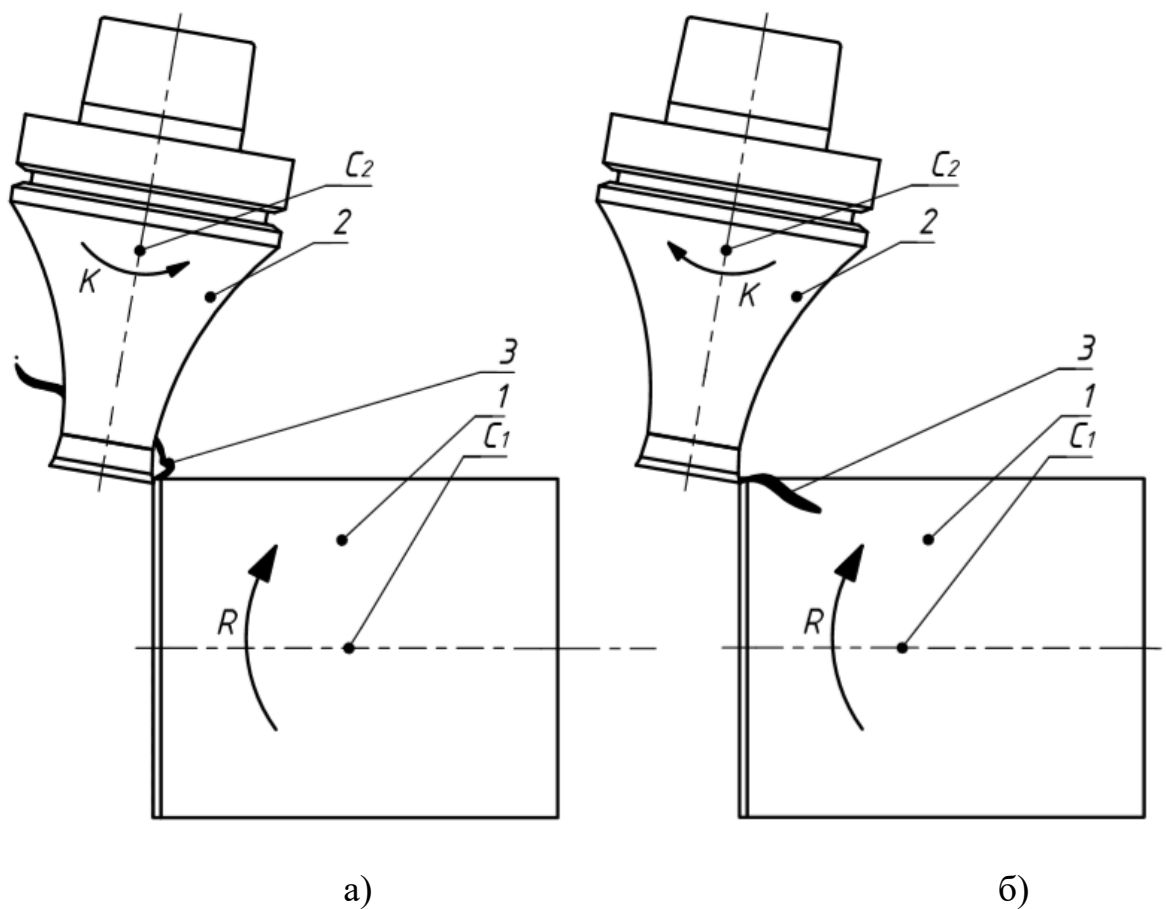


Рисунок 2.4 – Схема обробки: а - пряме обертання, б - обернене обертання

2.2 Вибір інструментального матеріалу

Наразі алюміній (Al), армований карбідом кремнію (SiC) є одним із найбільш розповсюджених МКМ і використовується в авіаційній та автомобілебудівній сферах.

Як було зазначено раніше, металеві композитні матеріали характеризуються високою міцністю, неоднорідною мікроструктурою та високою абразивністю. Отже різальний інструмент повинен забезпечити необхідні для обробки рівні міцності, ударної в'язкості, твердості. Окрім того, теплопровідність та стійкість до змінних теплових навантажень займають вагоме значення при перервній роботі інструменту.

Можливі інструментальні матеріали для обробки МКМ за твердістю: тверді – цементовані карбіди (K10), покриті карбіди (TiC) та кераміку (Si_2N_3), та надтверді – кубічний нітрид бора (CNB), синтетичний алмаз (CVD), полікристалічний алмаз (PCD), монокристалічний алмаз. Рисунок 2.6 відображає відносні твердості даних матеріалів.

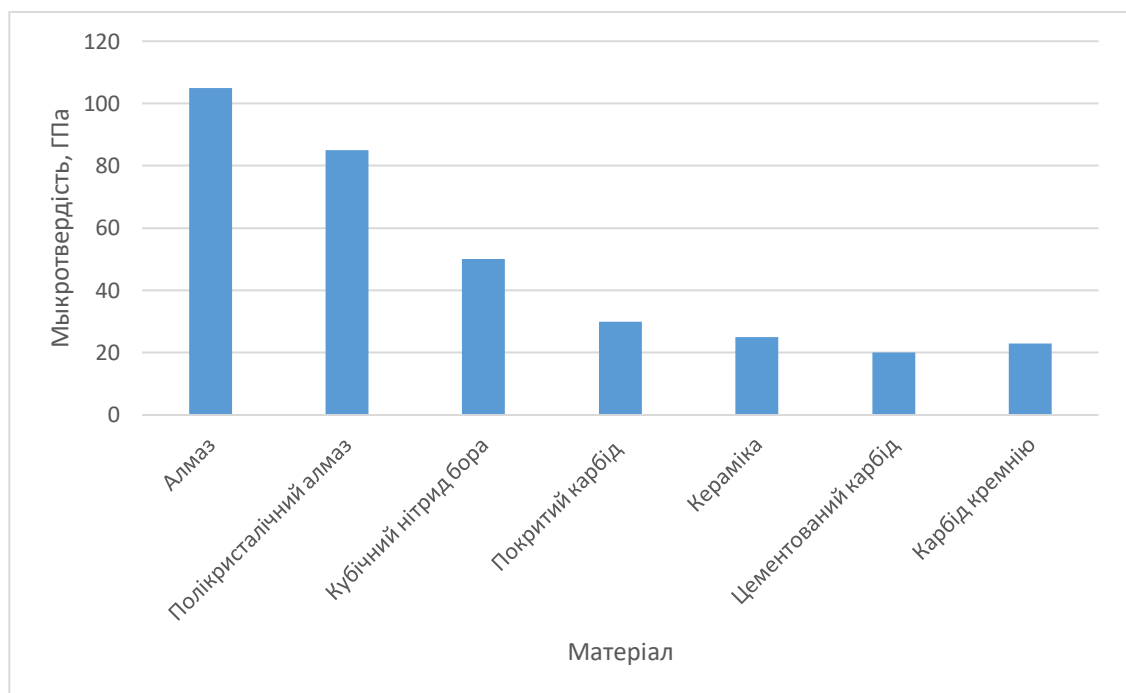


Рисунок 2.6 - Відносні твердості матеріалів.

Для ефективного входження в поверхневі шари оброблюваної заготовки, матеріал робочої частини інструмента повинен мати високу твердість, котра повинна бути приблизно в двічі більша чим у оброблюваного матеріалу [14]. До недоліків алмаза можна віднести відносно низьку теплостійкість (до 800°) та дороговизну. Полікристалічний надтвердий матеріал (ПНТМ) на основі

нітриду бора трохи поступається твердістю алмазу, відрізняється високою теплостійкістю (до 1500°), стійкістю до циклічного впливу високих температур, але як і алмаз досить важкий у виготовленні та дорого коштує [14].

Твердий сплав з покриттям значно дешевший за ПНТМ та алмаз, також при виготовленні пластини можливо задати потрібну геометрію. Недоліками цементованих карбідів являється їх недостатня твердість для обробки високоабразивного композита, але метод ротаційного різання дає можливість використання твердого сплаву для вирішення проблеми стійкості інструменту під час обробки ММК.

Розглянемо тверді сплави титано-тантало-вольфрамо-кобальтової групи (ТТК). Тверді сплави групи ТТК використовують для обробки важкооброблюваних деталей при тяжких умовах. Сплав має більшу в'язкість завдяки додаванню танталу. Марки твердих сплавів ТТК, які можливо використовувати при обробці ММК – ТТ7К12, ТТ10К8, ТТ20К9.

- ТТ7К12 - використовують при чорновому точінні та фрезеруванні при обробці штамповок, поковок, відливок при наявності ударів, шлаку, раковин, абразиву у вигляді піску.
- ТТ10К8 – використовують для чорнові та напівчистої обробки таких важкооброблюваних матеріалів, як жароміцні сталі та сплавів, титан, неіржавіючі сталі, магнітні сталі.
- ТТ20К9 – використовують, коли від інструментального матеріалу очікують опір циклічним механічним і тепловим навантаженням, під час глибокого фрезерування пазів.[15]

Надалі буде використано матеріал ТТ7К12 ГОСТ 3882. Хімічний склад сплаву наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сплаву ТТ7К12

WC, %	TiC, %	TaC, %	Co, %
81	4	3	12

Твердість сплаву має бути не менше HRA 87.

Для підвищення зносостійкості твердосплавних пластин, за рахунок зменшення тертя і теплопровідності, підвищення теплостійкості, найбільш широко використовують покриття з карбідом або нітридом титану (TiC або TiN) чи їх сумішей – карбідонітридів. Одношарове нанесення покриття підвищує стійкість пластин у 3-8 разів, використання декількох шарів зносостійких покриттів дає вигоду у стійкості ще у 4-5 разів в порівнянні з одним шаром. Покриття наносять за допомогою термодифузійного методу або осадженням з газової фази. Поєднання твердого сплаву з TiN виходить неміцним, тому доцільніше використати покриття з TiC.

2.3 Вибір конструктивних параметрів

2.3.1 Вибір робочої частини інструменту

Різальна пластина, яка обертається разом з корпусом інструменту, може мати різну форму. На рис. 2.7 наведена пластина з квадратним стружколомом. Різальна частина має чашу з різальною кромкою, посадковий отвір та чотири стружколоми. Передня поверхня може мати циліндричну або конічну форму. Під час обертання пластини стружколом наносить удари по стружці та ламає її.

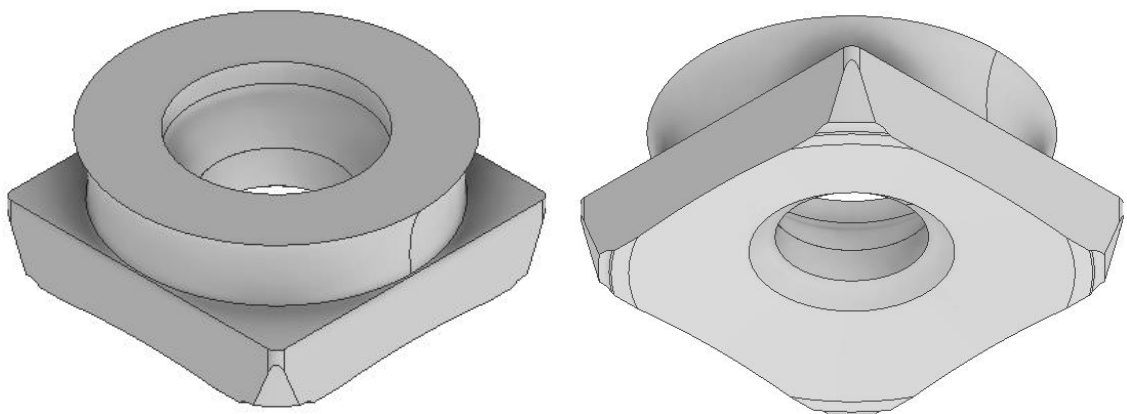


Рисунок 2.7 – Різальна частина з квадратним стружколомом

На рис. 2.8 зображена робоча частина у вигляді чаші з різальною кромкою, посадковий отвір та масив стружколомів (виїмок). Стружколоми мають форму дуги або прямих відрізків. Виконання допускає зміну кількості виїмок.

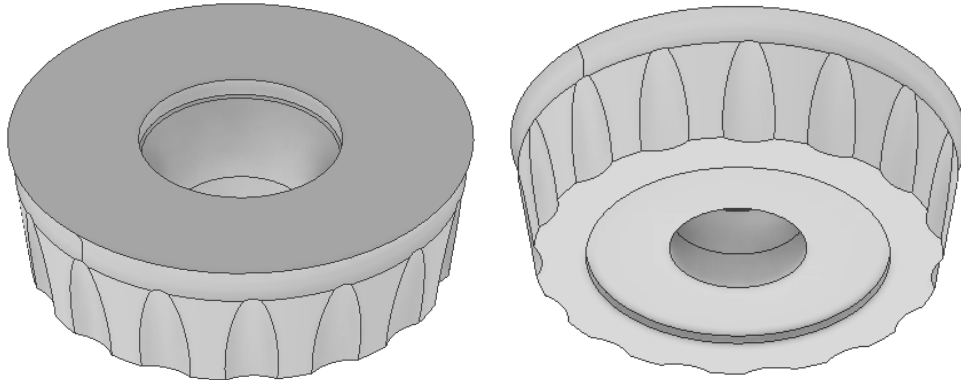


Рисунок 2.8 – Різальна частина з стружколомом у вигляді виїмок

Інший тип змінної робочої частини інструменту зображений на рис. 2.9. Чаша має різальну кромку, посадковий отвір та стружколом у формі кругової впадини та опуклості [10].

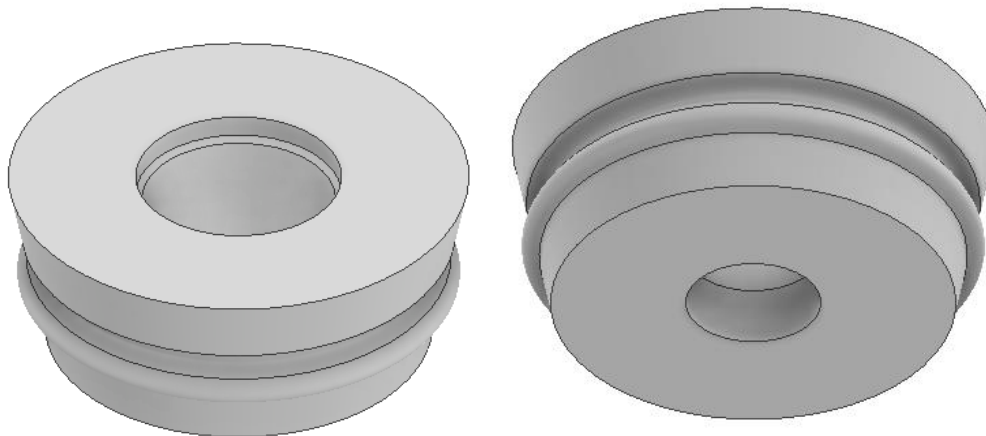


Рисунок 2.9 – Різальна частина зі стружколомом у вигляді кругової опуклості

На рис. 2.10 зображена різальна частина, у якої кріпильна частина виготовлена у вигляді гвинта, що з'єднується з державкою. Форма передньої поверхні може бути як циліндрична, так і конічна або увігнута. Вставка має

три стружколома. Закріплення вставки відбувається за допомогою циліндричної різьби.

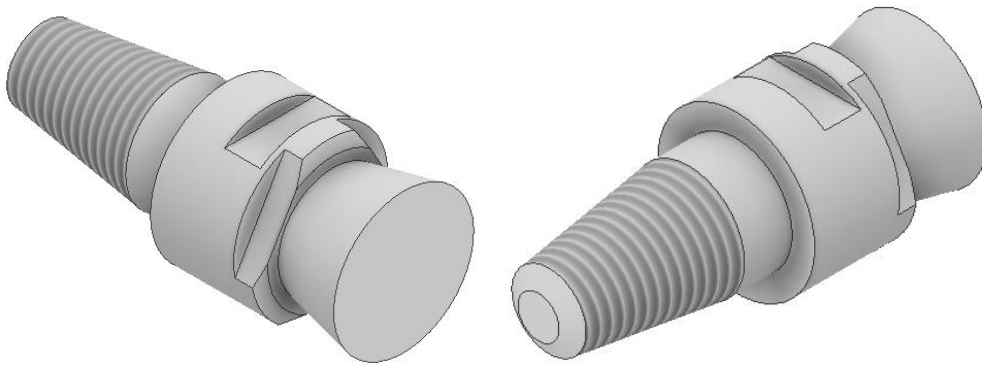


Рисунок 2.10 – цільна конструкція робочої частини

На рис. 2.11 зображено різальну частину у вигляді вставки в інструмент відбувається за допомогою однієї чи декількох губок направлених радіально. Вставка має масив із стружколомів – невеликих заглиблень по передній поверхні робочої частини.

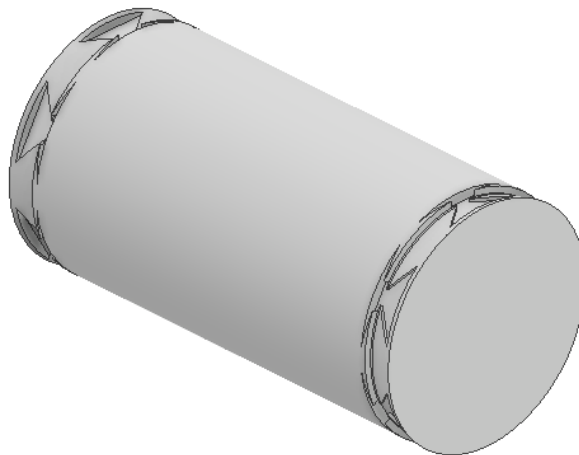


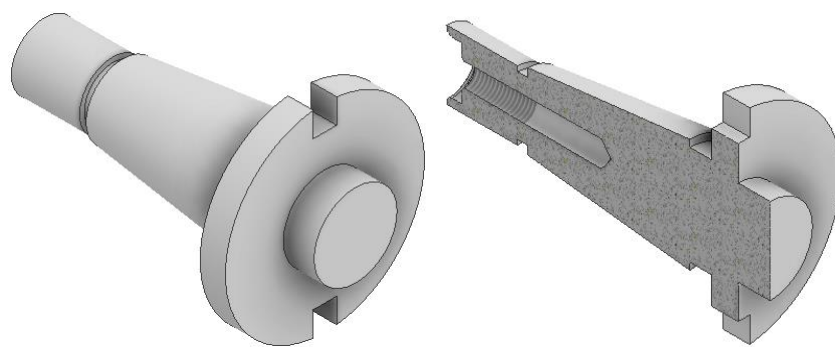
Рисунок 2.11 – Різальна частина у вигляді вставки

Отже для подальшої розробки використаємо пластину з циліндричним фасонним виступом на задній поверхні. Така форма різальної частини має просте кріплення та непогане балансування, технологічність виготовлення.

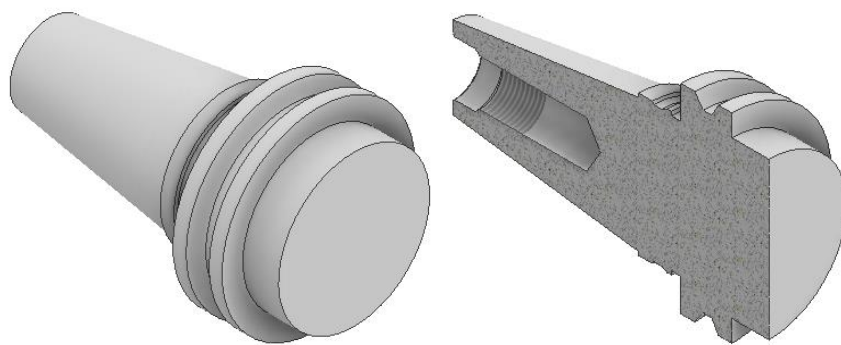
2.3.2 Вибір хвостовика

Для ефективної роботи інструменту необхідно підібрати не тільки різальну частину, а й забезпечити інструмент з'єднувальною або кріпильною частиною, яка забезпечить швидку установку і заміну та надійне кріплення на станку. Хвостовик повинен бути простим та технологічним, мати достатню міцність та жорсткість. У випадку із спеціальним верстатом, конструкція якого не передбачає наявності магазину з інструментом, можливе використання хвостовиків для ручної зміни інструменту.

Можливе використання хвостовика з конусом 7:24 та торцевими шпонками або поводком. Перевагою такої конструкції являється легка заміність [16]. Для заміни хвостовика використовують канавки для захоплення маніпулятором і центральний болт. Хвостовики з конусом 7:24 зображені на рис. 2.12. Передача крутного моменту від шпинделя до хвостовика відбувається за рахунок двох шпонок. Тип хвостовика А використовується для верстатів з ручною заміною інструмента. Хвостовик типу Б використовують на станках з автоматичною зміною інструмента [17]. Хвостовики з конусом 7:24 мають свої недоліки, такі як низька жорсткість на згин та обмежена частота обертання за рахунок невеликого затискного зусилля і недостатнього торцевого контакту з кінцем шпинделя [20].



А)



Б)

Рисунок 2.12 – Хвостовики з конусом 7:24 [18]

Можливим варіантом використання можуть виступати порожністі конічні хвостовики інструментів (HSK). Хвостовик HSK має конус 1:10 та забезпечує більшу статичну і динамічну жорсткість у порівнянні з попередніми хвостовиками. HSK виконується в А, В, С, D, Е, F типах (рис. 2.13).

Типи А і В використовують на верстатах з автоматичною заміною інструмента. Типи А і В знайшли своє призначення на нових оброблюваних центрах та верстатах загального призначення. Хвостовики типу А витримують високі згинальні навантаження та помірні крутні моменти. Хвостовики типу В використовують для необертового інструменту. Подача ЗОТС хвостовика типу А відбувається через центр, в той час як в В підвід ЗОТС відбувається через отвір у фланці, також тип В має більший фланець, що дозволяє переносити вищі навантаження. Типи С і D схожі за характеристиками на А і В відповідно, але їх використовують на автоматичних лініях або на токарних верстатах з ЧПК із ручною заміною інструменту. Типи Е та F вибирають якщо потрібна велика швидкість обертання, вони більш гарно збалансовані, зміна інструменту відбувається автоматично. Тип F підходить тільки для легкої обробки м'яких матеріалів, [19].

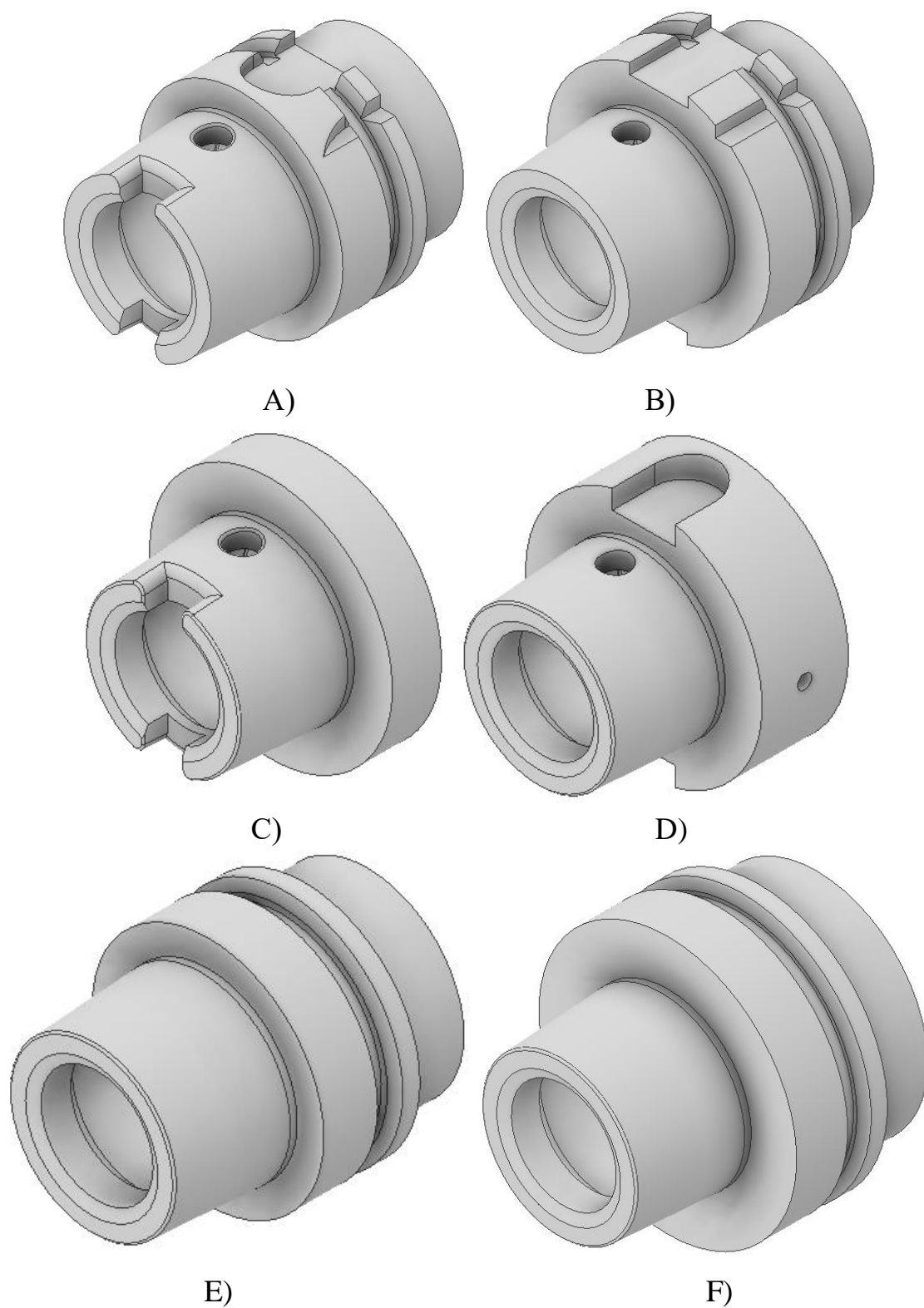


Рисунок 2.13 – порожнисті хвостовики інструментів (HSK) [19]

Найбільш прийнятним хвостовиком буде хвостовик HSK тип A, який забезпечить автоматичну заміну інструменту та високу швидкість

обертання, гарна збалансованість дещо зменшить биття при обробці, буде передавати та переносити більші механічні навантаження.

2.4 Розробка корпусу ротаційного різця

Хвостовик HSK тип А розробимо взявши за основу ГОСТ 12164-1-2013 номінального діаметру 80мм. Передня частина в якій буде виконуватись закріплення вставки-перехідника виконується відповідно до DIN 69871 (ГОСТ 25827-93 исп. 2). Креслення інструмента зображено на рисунку 2.14.

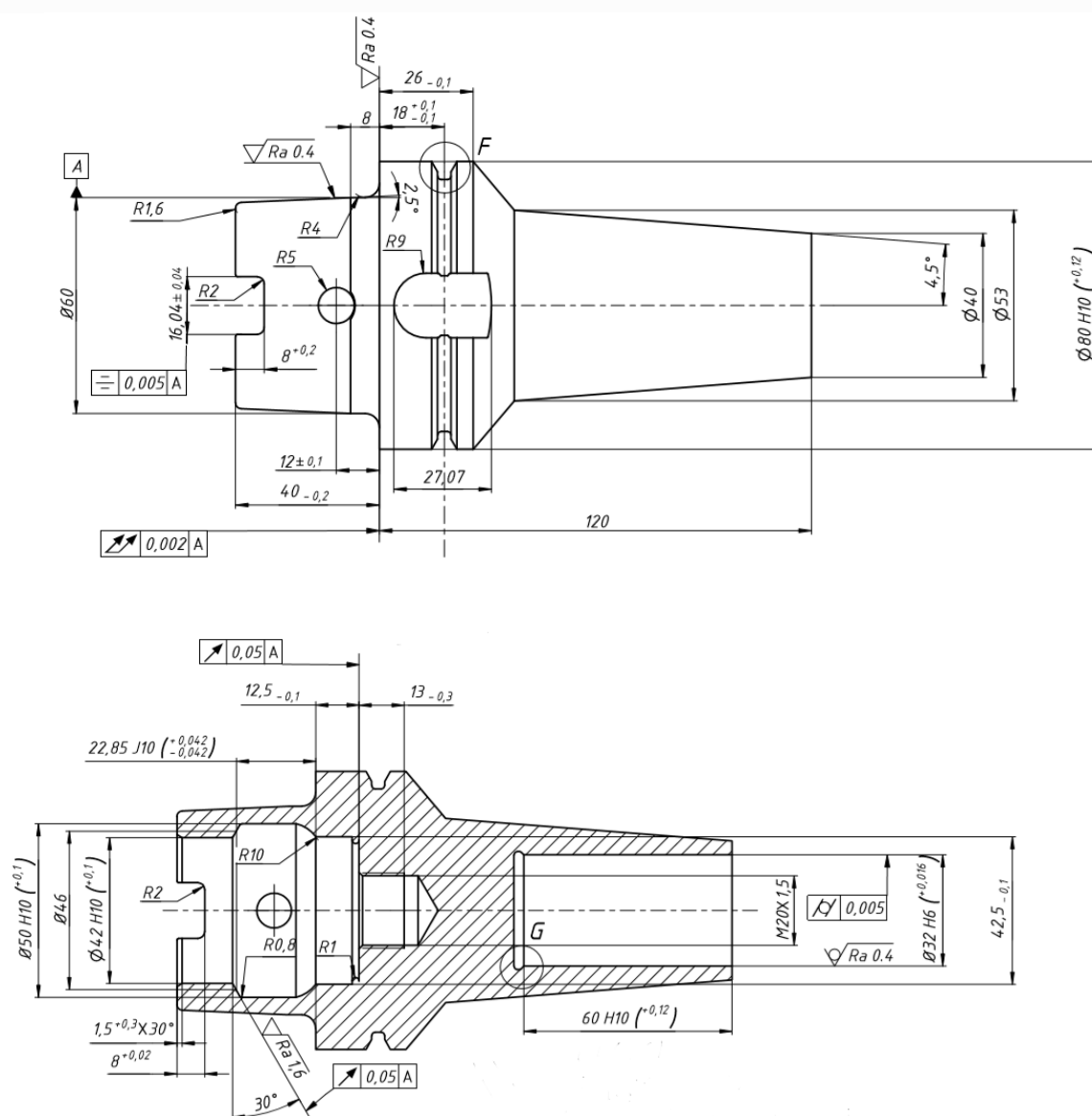


Рисунок 2.14 – Ескіз державки

Креслення вставки перехідника виконане на рисунку 2.15. Вона повинна мати достатню для надійного затиску довжину та точність хвостовика. Також приділяється увага до внутрішньої конусної поверхні, адже по ній буде відбуватися базування пластини. Вставка має підвищену жорсткість за рахунок бурта, котрим вона буде спиратись на державку під час роботи.

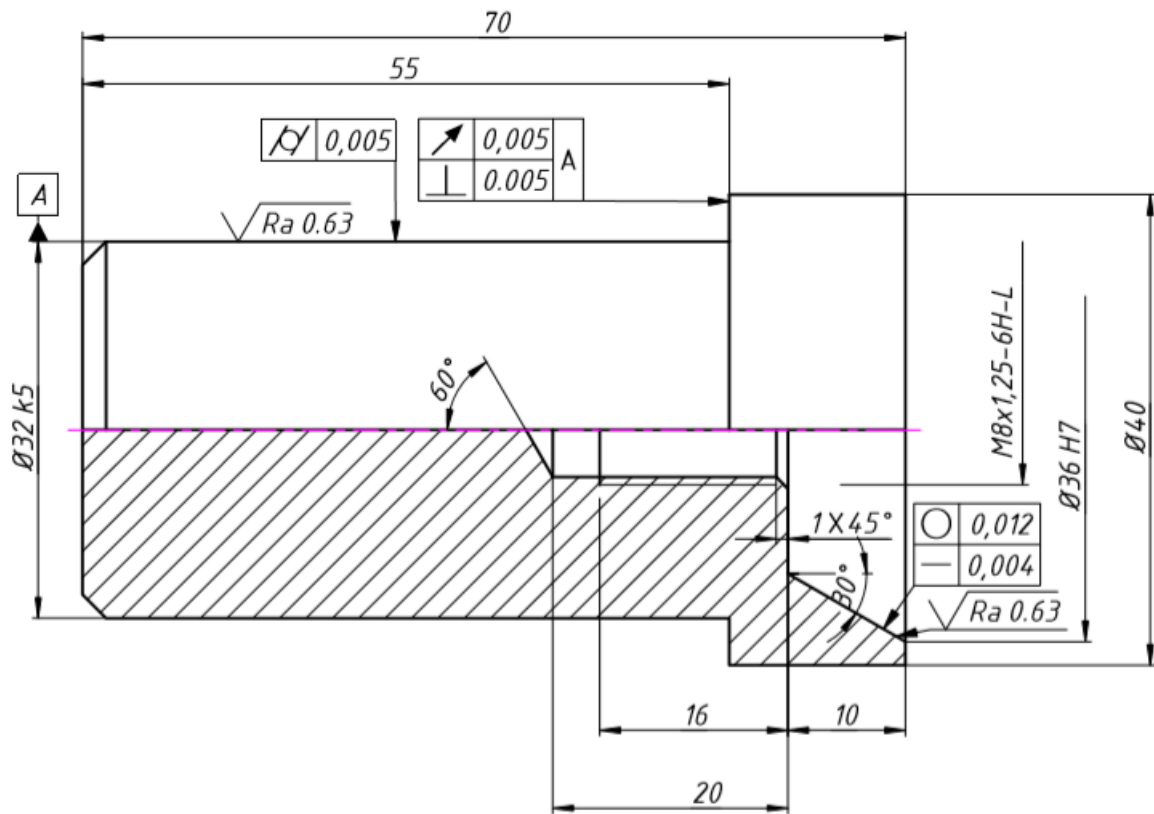


Рисунок 2.15 – Ескіз вставки

Креслення твердосплавної пластини наведено на рисунку 2.16. Пластина має базуватись по конусу у вставці, та кріпитись у неї з використанням гвинта. Кріпильний отвір має тороїдальну форму. Стружколом у формі опуклості також виступає як борт і спирається на вставку. За рахунок переднього кута передня поверхня має конічну форму. Передній та задній кут були вибрані відповідно до патенту.

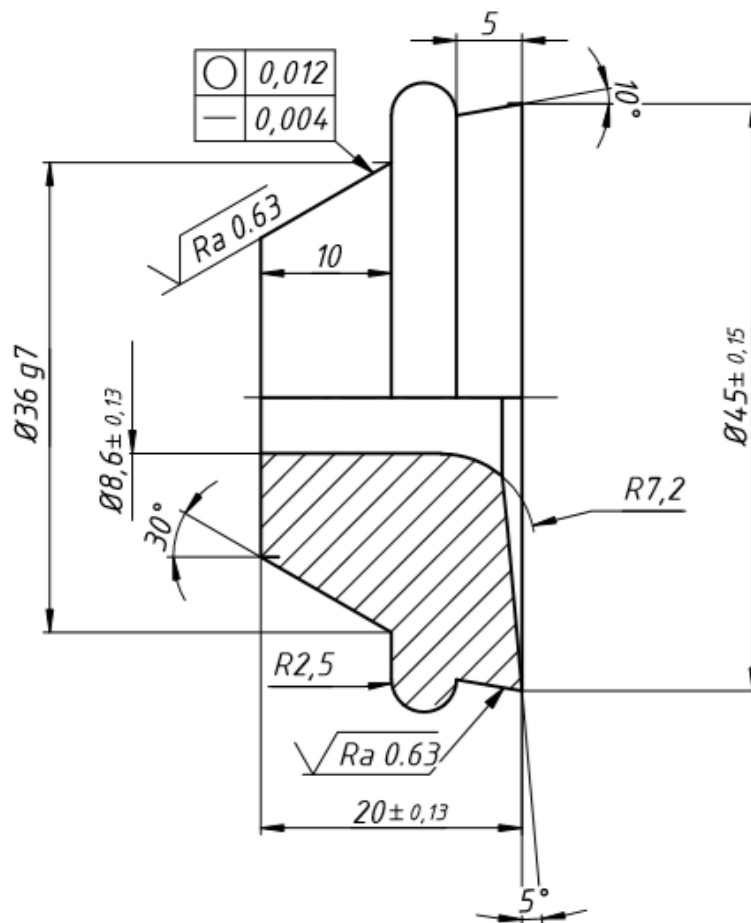


Рисунок 2.16 – Ескіз пластини

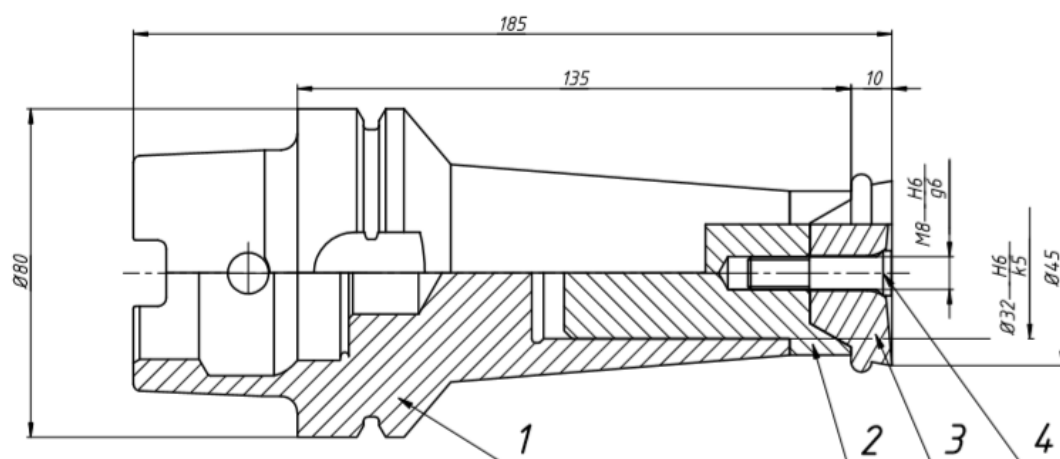


Рисунок 2.17 - Ескіз різця в зборі

Таким чином був отриманий інструмент зображений на рисунку 2.17, його конструктивними елементами являються державка 1, вставка 2

закріплена в державку 1 з використанням температурного розширення, пластина 3 закріплена у вставку 2 гвинтом 4.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ РІЗЦЯ

3.1. Вибір заготовки

Вибір заготовки є важливим етапом виробництва будь-якої деталі чи інструменту. Форма заготовки повинна бути максимально наближеною до форми кінцевого виробу, це дозволяє зменшити час на обробку, збільшити коефіцієнт використання матеріалу, отже економічно доцільно [21].

Також, на вибір заготовки впливає тип виробництва. При серійному виробництві віддають перевагу поковкам, які мають кращу структуру, ніж у прокатних сталей, внаслідок чого підвищуються механічні властивості виробу. При штучному або малосерійному виробництві вихідними заготовками може використовуватись прокат, котрий різниця за якістю, технологією виготовлення та формою перерізу [22].

Державка виконує зажим вставки-перехідника, використовуючи температурне розширення. Термопатрони часто піддаються термічним навантаженням, тому їх потрібно виготовляти із жаростійкої сталі. Також під час роботи будуть виникати механічні навантаження у вологих середовищах.

Сталь високолегована жаростійка 13X14H3B2ФР за ГОСТ 5632-72 задовільнить задані потреби. Хімічний склад наведений в таблиця 3.1.

Таблиця 3.1 - хімічний склад в % матеріалу сталі 13X14H3B2ФР

C	Si	Mn	Ni	S	P
0.1-0.16	До 0.6	До 0.6	2.8-3.4	До 0.025	До 0.03
Cr	W	V	Ti	B	
13-15	1.6-2.2	0.18-0.28	До 0.05	До 0.004	

Так як державка виступає тілом обертання, за заготовку обираємо прокат діаметром наближеним до найбільшого розміру готового виробу - $d=85\text{мм}$, звичайної точності за ГОСТ 2590-88. Ескіз заготовки показано на рисунку 3.1

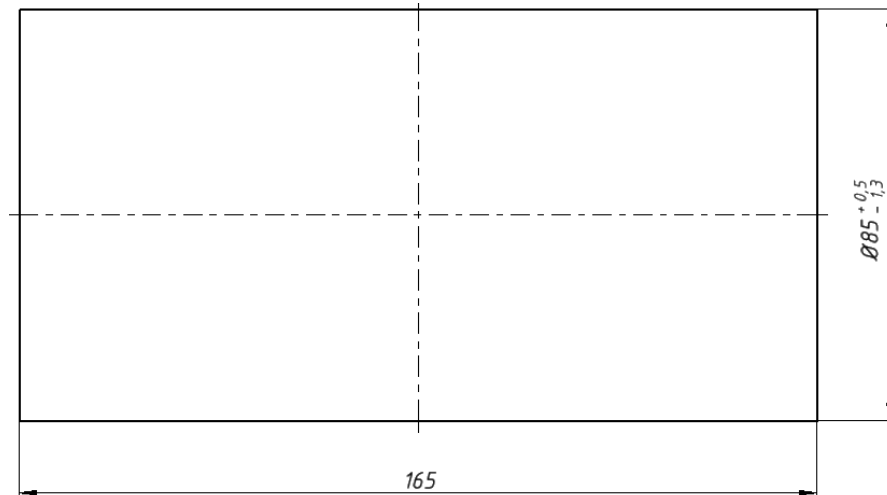


Рисунок 3.1 - Ескіз заготовки

3.2. Оптимізація процесу виготовлення корпусу державки

Оптимізація будь-якої технології виготовлення починається з аналізу робочого креслення, вивчення технічних вимог та серії виробництва. В залежності від вихідних даних висувуються логічні умови до виробу [23]:

- A1. Збільшена точність виготовлення
- A2. Зменшена шорсткість
- A3. Циліндричність термopатрона
- A4. Висока автоматизація виробництва
- A5. Підвищення екологічності виробництва
- A6. Покращена точність установки інструмента
- A7. Точність розташування пазу
- A8. Зменшення кількості обладнання
- A9. Зменшення кількості операцій
- A10. Зниження трудомісткості
- A11. Зниження собівартості

- A12. Низька кваліфікація робітника
- A13. Підвищена техніка безпеки
- A14. Покращення товарного вигляду
- A15. Скорочення логістичних витрат
- A16. Зниження затрат на електроенергію
- A17. Підвищена твердість корпусу
- A18. Надійність кріплення
- A19. Температурна стійкість
- A20. Зниження матеріалоємності
- A21. Підвищення жорсткості
- A22. Підвищення зносостійкості
- A23. Корозійна стійкість
- A24. Простота обслуговування
- A25. Швидке поновлення працездатності
- A26. Підвищена співвісність
- A27. Підвищення продуктивності

Прийняті вимоги систематизуємо по групам показників наведено в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Логічні умови

Групи показників	Логічні вимоги
Технологічна	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8
Економічна	A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A27
Експлуатаційна	A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A26

Заготівельні операції:

Аз 1 - Відрізання на токарному верстаті

Аз 2- Абразивне відрізання

Аз 3 - Відрізання стрічковою пилою

Механічні операції:

- Ам 1 – Токарна обробка торцю
- Ам 2 - Токарна обробка контуру деталі
- Ам 3 – Свердління отвору
- Ам 4 – Розточування отвору
- Ам 5 – Розгорткування отвору
- Ам 6 – Точіння канавки під вихід шліфувального круга
- Ам 8 – Нарізання різьби мітчиком
- Ам 9 – Нарізання різьби різцем
- Ам 10 – Нарізання різьби фрезою
- Ам 11 – Фрезерування шпоночного пазу
- Ам 12 – Стругання шпоночного ппазу
- Ам 13 – Протягування шпоночного пазу
- Ам 14 – Шліфування

Операції термічної обробки:

- Ат 1 – Загартування у воді
- Ат 2 – Загартування у мастилі
- Ат 3 – Відпуск на повітрі

Фінішні операції:

- Аф 1 – Маркування гравіюванням
- Аф 2 – Хіміко-механічне маркування
- Аф 3 – Електрохімічне маркування

Загальний технологічний процес виготовлення корпусу ротаційного різця наведено на рис. 3.3. Технологічний процес виготовлення корпусу на основі відрізання заготовки на токарному верстаті наведено в табл. 3.4, на основі абразивного відрізання – на рис. 3.5, на основі відрізання стрічковою пилою – на рис. 3.6.

Таблиця 3.3 - Технологічні процеси виготовлення корпусу інструменту

Код операції	Назва операції	ТП №1	ТП№2	ТП№3
Аз 1	Відрізання на токарному верстаті	+	-	-
Аз 2	Абразивне відрізання	-	+	-
Аз 3	Відрізання стрічковою пилою	-	-	+
Ам 1	Токарна обробка торцю	+	-	+
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі	+	+	+
Ам 3	Свердління отвору	+	+	+
Ам 4	Розточування отвору	+	+	-
Ам 5	Розгорткування отвору	-	-	+
Ам 6	Точіння канавки під вихід шліфувального круга	+	+	+
Ам 7	Нарізання різьби мітчиком	+	-	-
Ам 8	Нарізання різьби різцем	-	+	-
Ам 9	Нарізання різьби фрезою	-	-	+
Ам 10	Фрезерування шпоночного пазу	-	+	-
Ам 11	Стругання шпоночного пазу	-	-	+
Ам 12	Протягування шпоночного пазу	+	-	-
Ам 13	Шліфування	+	+	+
Ат 1	Загартування у воді	+	-	-
Ат 2	Загартування у мастилi	-	+	+
Ат 3	Відпуск на повітрі	+	+	+
Аф 1	Маркування гравіюванням	-	+	-
Аф 2	Хіміко-механічне маркування	+	-	-
Аф 3	Електрохімічне маркування	-	-	+

Таблиця 3.4 – Технологічний процес на основі відрізання на токарному верстаті

Код операції	Назва операції
Аз 1	Відрізання на токарному верстаті заготовки
Ам 1	Токарна обробка торцю
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі
Ам 3	Свердління отвору
Ам 4	Розточування отвору
Ам 7	Нарізання різьби мітчиком
Ам 1	Токарна обробка торцю
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі
Ам 3	Свердління отвору
Ам 4	Розточування отвору
Ам 6	Точіння канавки під вихід шліфувального круга
Ам 12	Протягування шпоночного пазу
Ам 3	Свердління отвору
Ам 10	Фрезерування шпоночного пазу
Ат 1	Загартування у воді
Ат 3	Відпуск на повітрі
Ам 13	Шліфування
Аф 2	Хіміко-механічне маркування

Таблиця 3.5 – технологічний процес на основі абразивного відрізання

Код операції	Назва операції
Аз 2	Абразивне відрізання
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі
Ам 3	Свердління отвору
Ам 4	Розточування отвору
Ам 8	Нарізання різьби різцем
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі
Ам 3	Свердління отвору
Ам 4	Розточування отвору
Ам 6	Точіння канавки під вихід шліфувального круга
Ам 10	Фрезерування шпоночного пазу

Ам 3	Свердління отвору
Ам 10	Фрезерування шпоночного пазу
Ат 1	Загартування у мастилі
Ат 3	Відпуск на повітрі
Ам 13	Шліфування
Аф 1	Маркування гравіюванням

Таблиця 3.6 - технологічний процес на основі відрізання стрічковою пилою

Код операції	Назва операції
Аз 3	Відрізання стрічковою пилою
Ам 1	Токарна обробка торцю
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі
Ам 3	Свердління отвору
Ам 4	Розточування отвору
Ам 9	Нарізання різьби фрезою
Ам 1	Токарна обробка торцю деталі
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі
Ам 3	Свердління отвору
Ам 5	Розгорткування отвору
Ам 6	Точіння канавки під вихід шліфувального круга
Ам 11	Стругання шпоночного пазу
Ам 3	Свердління отвору
Ам 10	Фрезерування шпоночного пазу
Ат 2	Загартування у мастилі
Ат 3	Відпуск на повітрі
Ам 13	Шліфування
Аф 3	Електрохімічне маркування

Логічні умови виконня операцій наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 - Умови логічності операцій

Код операції	Назва операції	Логічні умови
Аз 1	Відрізання на токарному верстаті	A8, A10, A11, A12, A15
Аз 2	Абразивне відрізання	A1, A2, A9, A10, A11, A12, A14
Аз 3	Відрізання стрічковою пилою	A12, A20
Ам 1	Токарна обробка торцю	A2, A14
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі	A1, A2, A6, A14
Ам 3	Свердління отвору	A9, A10
Ам 4	Розточування отвору	A1, A2, A3, A8, A9, A10, A11, A14
Ам 5	Розгорткування отвору	A1, A2, A3, A14
Ам 6	Точіння канавки під вихід шліфувального круга	
Ам 7	Нарізання різьби мітчиком	
Ам 8	Нарізання різьби різцем	
Ам 9	Нарізання різьби фрезою	
Ам 10	Фрезерування шпоночного пазу	A1, A2, A6, A7, A9, A11, A14, A18, A21, A27
Ам 11	Стругання шпоночного пазу	A1, A2, A6, A7, A14, A18, A21
Ам 12	Протягування шпоночного пазу	A1, A2, A6, A7, A14, A21
Ам 13	Шліфування	A1, A2, A3, A6, A14, A18, A26, A27
Ат 1	Загартування у воді	A17, A21, A22
Ат 2	Загартування у мастилі	A17, A21, A22
Ат 3	Відпуск на повітрі	A17, A21, A22
Аф 1	Маркування гравіюванням	A4, A10, A12, A13, A14
Аф 2	Хіміко-механічне маркування	A14
Аф 3	Електрохімічне маркування	A4, A12, A14, A27

Таблиця 3.8 - технологічні потужності за умовами логічності

Код операції	Технологічні			Економічні			Експлуатаційні		
	ТП 1	ТП2	ТП3	ТП1	ТП2	ТП3	ТП1	ТП2	ТП3
Аз 1	1	-	-	4	-	-	0	-	-
Аз 2	-	2	-	-	5	-	-	0	-
Аз 3	-	-	0	-	-	1	-	-	1
Ам 1	1	-	1	1	-	1	0	-	0
Ам 2	3	3	3	1	1	1	0	0	0
Ам 3	0	0	0	2	2	2	0	0	0
Ам 4	4	4	-	4	4	-	0	0	-
Ам 5	-	-	3	-	-	1	-	-	0
Ам 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ам 7	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Ам 8	-	0	-	-	0	-	-	0	-
Ам 9	-	-	0	-	-	0	-	-	0
Ам 10	-	4	-	-	4	-	-	2	-
Ам 11	-	-	4	-	-	1	-	-	2
Ам 12	4	-	-	1	-	-	1	-	-
Ам 13	4	4	4	2	2	2	2	2	2
Ат 1	0	-	-	0	-	-	3	-	-
Ат 2	-	0	-	-	0	-	-	3	-
Ат 3	-	-	0	-	-	0	-	-	3
Аф 1	-	0	-	-	1	-	-	0	-
Аф 2	0	-	-	1	-	-	0	-	-
Аф 3	-	-	1	-	-	3	-	-	0
$\sum C_{ij}$	22	21	17	25	27	17	6	7	8
$\sum A_{ij}$	16	14	16	16	14	16	16	14	16
N_i	1,375	1,5	1,06	1,56	1,92	1,06	0,375	0,5	0,5

Таблиця 3.9 – вибір оптимального процесу за загальною потужністю

Код операції	Технологічний процес			Оптимальний процес
	ТП 1	ТП2	ТП3	ОПТ ТП
Аз 1	5	-	-	-
Аз 2	-	7	-	7
Аз 3	-	-	2	-
Ам 1	2	-	2	-
Ам 2	4	4	4	4
Ам 3	2	2	2	2
Ам 4	8	8	-	8
Ам 5	-	-	4	-
Ам 6	0	0	0	0
Ам 7	0	-	-	-
Ам 8	-	0	-	0
Ам 9	-	-	0	-
Ам 10	-	10	-	10
Ам 11	-	-	7	-
Ам 12	6	-	-	-
Ам 13	8	8	8	8
Ат 1	3	-	-	-
Ат 2	-	3	-	3
Ат 3	-	-	3	-
Аф 1	-	1	-	1
Аф 2	1	-	-	-
Аф 3	-	-	4	-
$\sum Cij_{заг}$	39	43	36	43
$\sum Aij_{заг}$	16	14	16	14
$Ni_{заг}$	2,43	3,07	2,25	3,07

Узагальнений граф зображений на рисунку 3.2

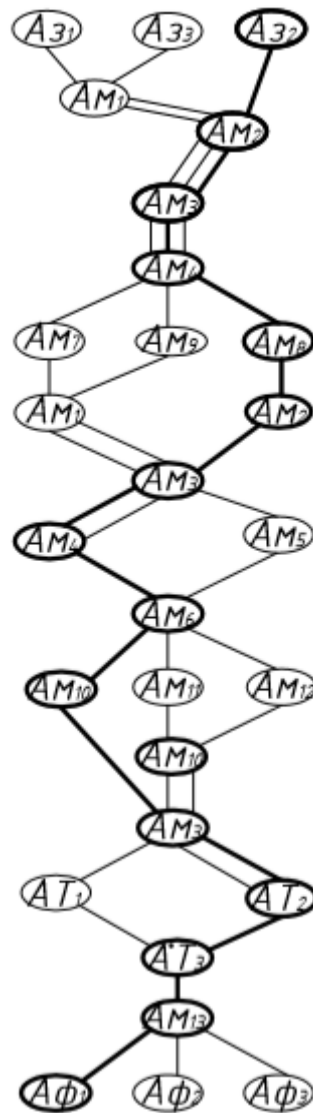
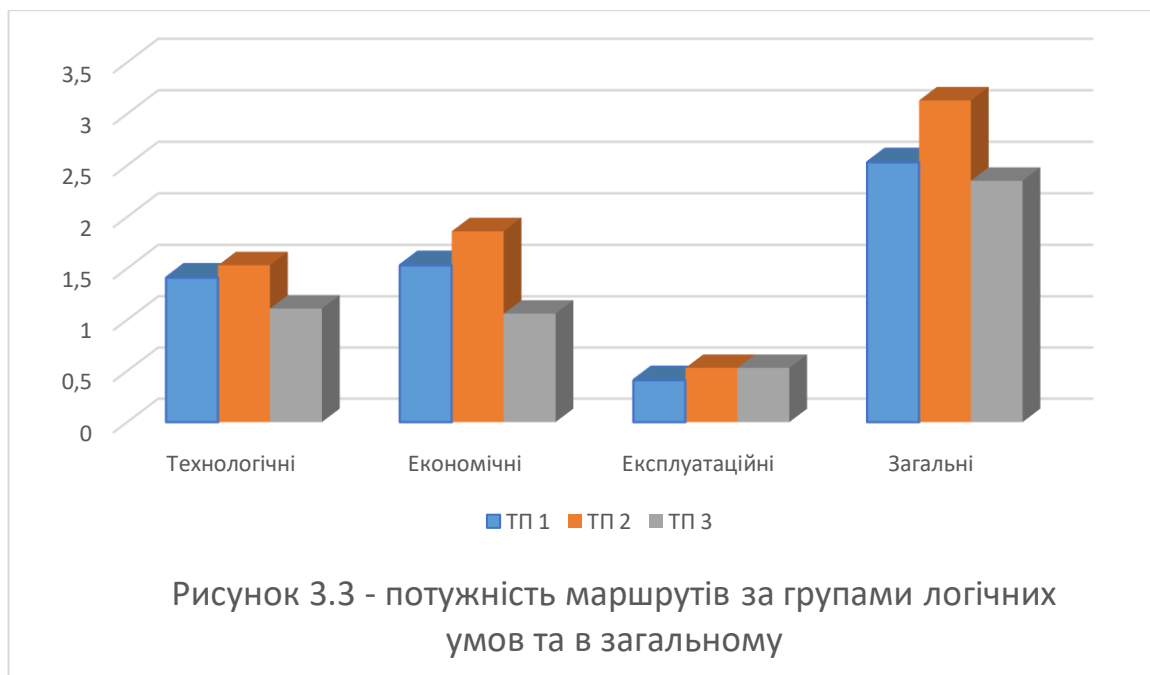


Рисунок 3.2. – Узагальнений граф

Для більш наглядного аналізу побудуємо графіки потужності відповідно до логічних умов та в загальному випадку.



Спираючись на наведені дані приймаємо за основу базовий технологічний процес №2.

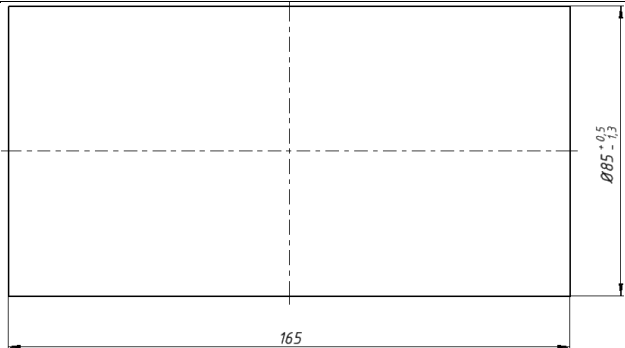
Таблиця 3.10 – остаточний технологічний процес виготовлення державки

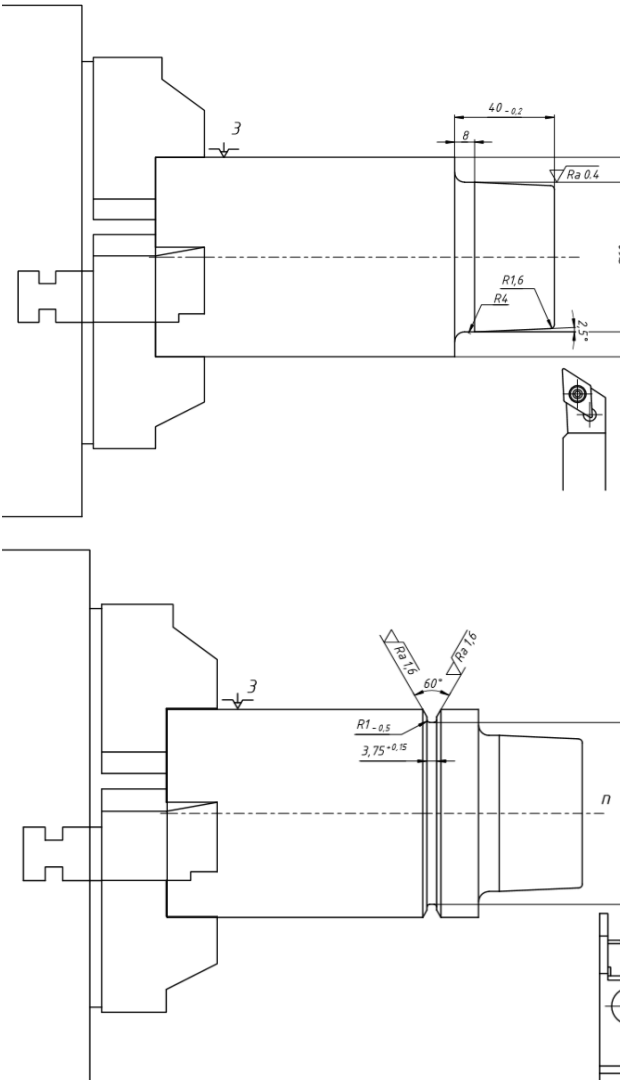
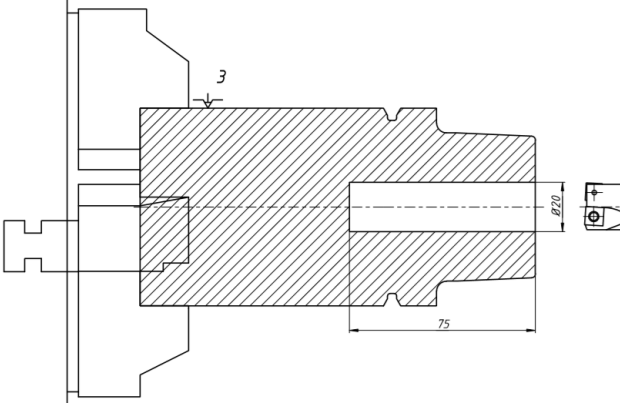
Код операції	Назва операції
Аз 2	Абразивне відрізання
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі
Ам 3	Свердління отвору
Ам 4	Розточування отвору
Ам 8	Нарізання різьби різцем
Ам 2	Токарна обробка контуру деталі
Ам 3	Свердління отвору
Ам 4	Розточування отвору
Ам 6	Точіння канавки під вихід шліфувального круга
Ам 10	Фрезерування шпоночного пазу
Ам 3	Свердління отвору

продовження табл. 3.10

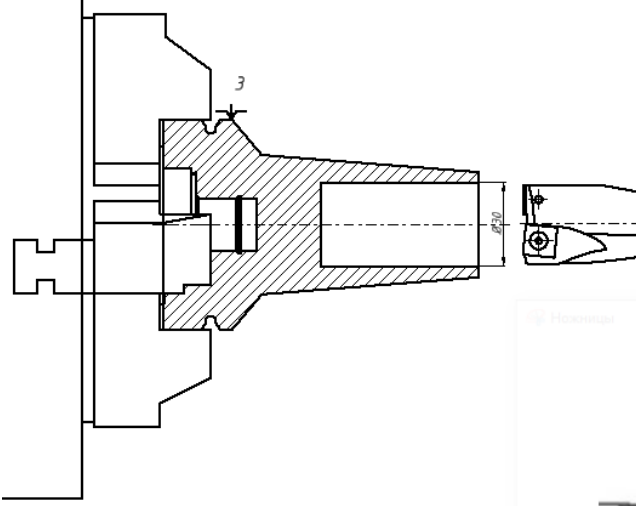
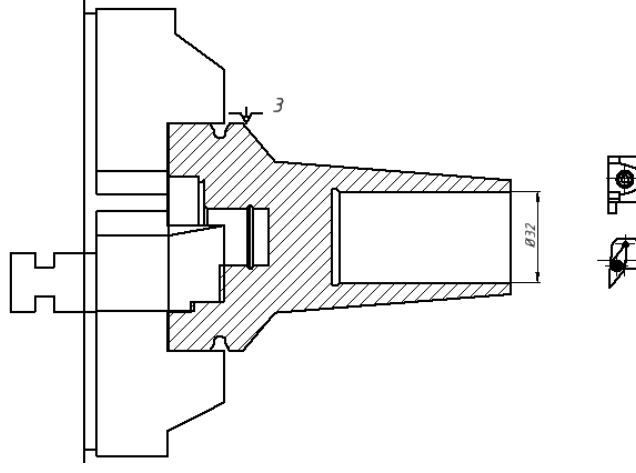
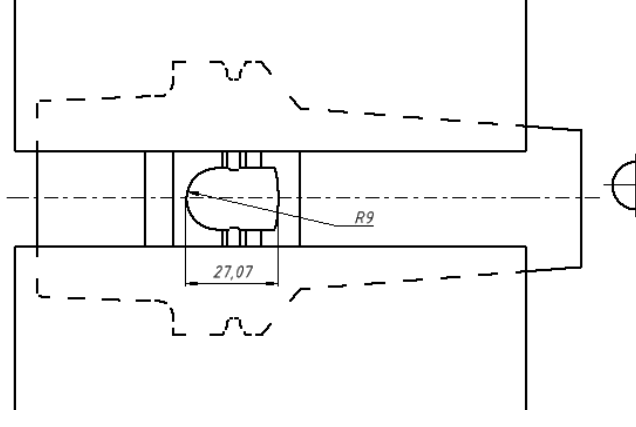
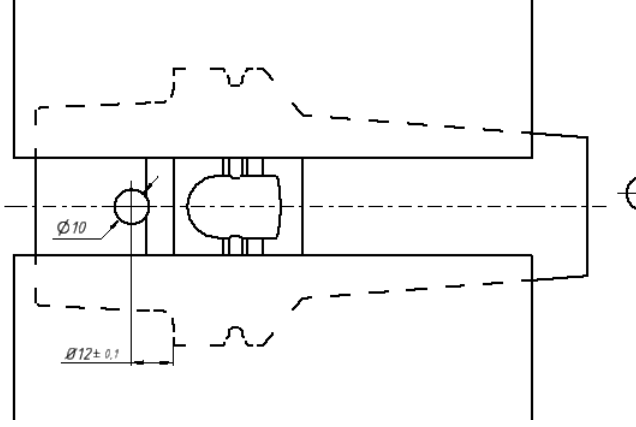
Ам 10	Фрезерування шпонкового пазу
Ат 1	Загартування у мастилі
Ат 3	Відпуск на повітрі
Ам 13	Шліфування
Аф 1	Маркування гравіюванням

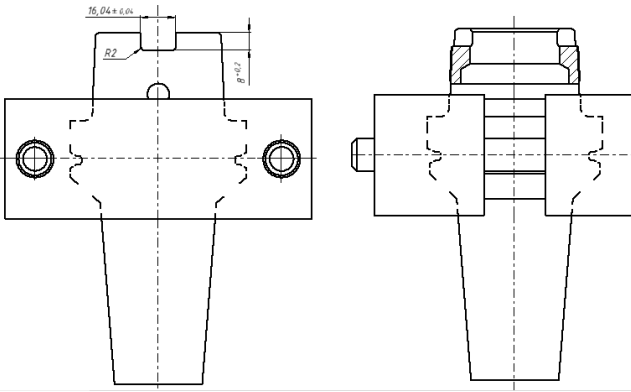
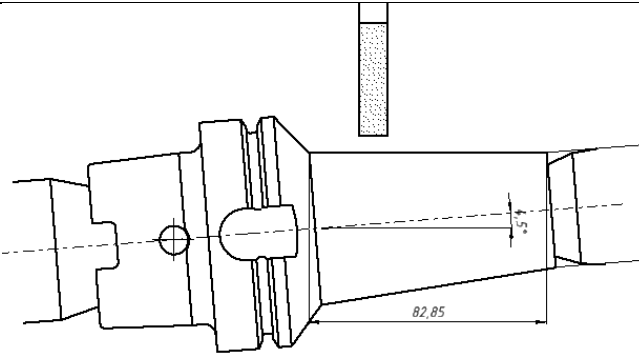
3.3. Маршрут обробки корпусу інструменту

№	Назва	Ескіз операції	Верстат Інструмент
005	Відрізка		Промисловий відрізний верстат Brillant 2000, круг відрізний D=300мм за ГОСТ 21963-2002

010	Токарна обробка контуру деталі		<p>Токарний верстат з ЧПК JCL-28S CNC</p> <p>Різець токарний прохідний AKKO SDJCR 1616 K11-S, різець токарний канавочний VORGEN BKTR-JK- 2525-2C</p>
015	Свердління отвору		<p>Токарний верстат з ЧПК JCL-28S CNC</p> <p>Сверло d=20мм з 30ТС DRILL 20xD4 SP 060204</p>

020	Розточування		<p>Токарний верстат з ЧПК JCL-28S CNC</p> <p>Резец канавковий IKT-K</p> <p>16 2С різець розточний S16Q-SVUBR-11</p>
025	Нарізання різьби		<p>Токарний верстат з ЧПК JCL-28S CNC</p> <p>Різець різьбовий STIR-S12K-11</p>
030	Токарна обробка контуру		<p>Токарний верстат з ЧПК JCL-28S CNC</p> <p>Різець токарний прохідний AKKO SDJCR 1616 K11-S</p>

030	Свердління отвору		Токарний верстат з ЧПК JCL-28S CNC Свердло d30мм с СОЖ DRILL 30xD3 SP.. 090408
035	Розточування отвору та		Токарний верстат з ЧПК JCL-28S CNC Резец канавковий ІКТ-К 16 2С різець розточний S16Q-SVUBR-11
040	Фрезерування пазу		Фрезерний верстат з ЧПК Hurco vmx 42i Фреза твердосплавна монолітна CNC TOOLS R=7 D14x28x100мм
045	Свердління отвору		Фрезерний верстат з ЧПК Hurco vmx 42i Свердло за ГОСТ 10903-77 d=10 мм

050	Фрезерування пазу		<p>Фрезерний верстат з ЧПК Hurco vmx 42i</p> <p>Фреза твердосплавна монолітна CNC TOOLS R=7 D14x28x100мм</p>
055	Гартування		Гартування в мастилі
060	Відпу		Відпуск на повітрі
065	Шліфування		<p>Круглошліфувальний RSM 1000 з ЧПК</p> <p>Круг шліфувальний прямий 1A1 150x100x5x32</p>
075	Маркуван		Гравіювальний варстат

3.4. Розрахунок режимів різання

Операція 010 Токарна обробка контуру деталі (Рисунок 3.3)

Інструменти, які використовуються - різець токарний прохідний АККО SDJCR 1616 K11-S з різальною пластиною DNMG 110404 NN LT10, різець токарний канавковий VORGEN BKTR-JK-2525-2C з ріжучою пластиною MGMN 150

Верстат токарний з ЧПК JCL-28S CNC

Пристосування – самоцентруючий трикулачковий токарний патрон.

Захисне охолоджуюче технічне середовище емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75.

Визначаємо глибину різання для чорнового точіння : $t=2$ мм.

Визначаємо глибину різання для чистового точіння : $t=0.5$ мм.

Назначаємо подачу для чорнкової обробки $S=0.6$ мм/об.

Назначаємо подачу для чистової обробки $S=0.1$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання :

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

При середньому значенні стійкості інструмента $T=60$ хв, $C_v=350$;
 $x = 0.15$; $y = 0.35$; $m = 0.2$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{pv} \cdot K_{fv} \cdot K_{\phi_1 v} \cdot K_{rv}$$

K_{mv} – коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 0.8 \cdot \left(\frac{750}{1100}\right)^{1.25} = 0.5$$

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання .

K_{pv} – коефіцієнт стану поверхні.

$$K_{uv} = 1; K_{pv} = 0.9; K_{fv} = 0.7; K_{\phi_1 v} = 0.91; K_{rv} = 1;$$



а) прохідним різцем; б) канавочним різцем

Розрахуємо швидкість для чорнової обробки:

$$v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.6^{0.35}} \cdot 0.5 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \cdot 0.91 \cdot 1 = 48 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розрахуємо швидкість для чистової обробки:

$$v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 0.5^{0.15} \cdot 0.1^{0.35}} \cdot 0.5 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \cdot 0.91 \cdot 1 = 89 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо число обертів для чорнової обробки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 48}{\pi \cdot 85} = 180 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо число обертів для чистової обробки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 89}{\pi \cdot 85} = 333,2 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо силу різання для чорнової обробки:

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S^y = 350 \cdot 2^{0.15} \cdot 0.6^{0.35} = 324,8 \text{ Н}$$

Визначаємо силу різання для чистової обробки:

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S^y = 350 \cdot 0.5^{0.15} \cdot 0.1^{0.35} = 140,9 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання чорнової обробки:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{324,8 \cdot 48}{1020 \cdot 60} = 0,25 \text{ кВт}$$

Визначаємо потужність різання чистової обробки:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{140,9 \cdot 89}{1020 \cdot 60} = 0,20 \text{ кВт}$$

Визначаємо основний час чорнової обробки:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{66}{0.6 \cdot 180} \cdot 6 = 3,6 \text{ хв}$$

Визначаємо основний час чистової обробки:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{66}{0.1 \cdot 320} \cdot 1 = 2 \text{ хв}$$

де L – довжина обробки, S – подача, n – частота обертання,

i – кількість проходів;

Визначаємо глибину різання для канавкового різця : $t=0.5$ мм.

Назначаємо подачу для канавкового $S=0.1$ мм/об.

Розрахуємо швидкість різання для канавкового різця:

$$v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 0.5^{0.15} \cdot 0.1^{0.35}} \cdot 0.5 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \cdot 0.91 \cdot 1 = 17,8 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо число обертів для канавкового різця:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17,8}{\pi \cdot 85} = 65 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо силу різання для чорнової обробки:

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S^y = 350 \cdot 2^{0.15} \cdot 0.6^{0.35} = 140,9 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання чорнової обробки:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{140,9 \cdot 17,8}{1020 \cdot 60} = 0,04 \text{ кВт}$$

Визначаємо основний час чорнової обробки:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{7}{0.1 \cdot 65} \cdot 10 = 10 \text{ хв}$$

Операція 015 – Свердління отвору (рис. 3.4)

Верстат токарний з ЧПК JCL-28S CNC

Сверло $d=20$ мм з ЗОТС DRILL 20xD4 SP 060204 з твёрдосплавною пластиною SPGT 060204-PM YBG212 ZCC-CT.

Пристосування – самоцентруючий трикулачковий токарний патрон.

Захисне охолоджуюче технічне середовище емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75.

Визначаємо глибину різання: $t = \frac{D}{2} = 5$ мм

Назначаємо подачу $S=0.2$ мм/об.

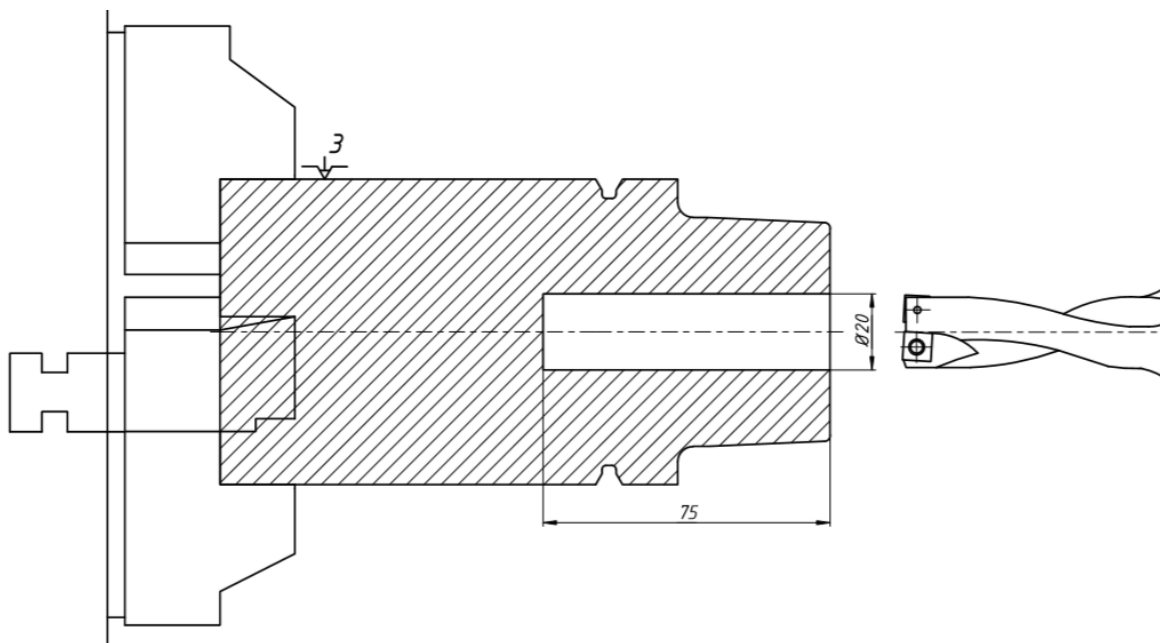


Рисунок 3.4 – Свердління отвору

Визначаємо швидкість різання :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

При середньому значенні стійкості інструмента $T=20$ хв, $C_v=10.8$;
 $y = 0.45$; $m = 0.12$; $q = 0.5$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0.5 \cdot 1 \cdot 0.85 = 0.425$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 0.8 \cdot \left(\frac{750}{1100}\right)^{1.25} = 0.5$$

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання .

K_{lv} – коефіцієнт стану поверхні.

$$K_{uv} = 1; K_{lv} = 0.85;$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{10.8 \cdot 20^{0.5}}{20^{0.12} \cdot 0.2^{0.45}} \cdot 0.425 = 29.56 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

$$\text{Приймаємо } v = 30 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розрахуємо крутний момент та осьову силу:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0.041 \cdot 20^{0.5} \cdot 0.2^{0.45} \cdot 1.33 = 1.18 \text{ Нм}$$

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{1100}{750}\right)^{0.75} = 1.33$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 20^{0.5} \cdot 0.2^{0.45} \cdot 1.33 = 4122 \text{ Н}$$

Операція 050 – Фрезерування пазу зображена на рисунку 3.5

Використаємо фрезерний верстат з ЧПК Hurco vmx 42i, в якості інструменту виступить фреза дискова VRDF-D80x16-d27-Z06

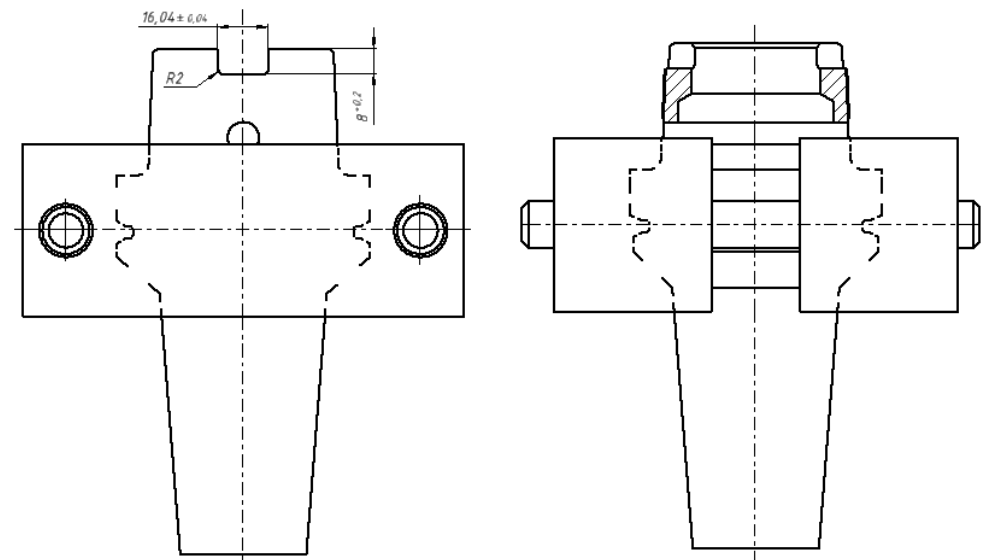


Рисунок 3.5 – Фрезерування пазу

Визначаємо глибину фрезерування $t=4$ мм, ширина фрезерування $B=16$ мм.

Обираємо подачу на зуб $S_z = 0.18$ мм,

$$\text{тоді подача на оберт } S = S_z \cdot n = 0.18 \cdot 16 = 2.88 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

Де $C_v = 234$; $T = 50$ хв; $m = 0.37$; $x = 0.24$; $y = 0.26$;

$$u = 0.1; p = 0.1; K_v = 0.42$$

$$v = \frac{234 \cdot 80^{0.44}}{50^{0.37} \cdot 4^{0.24} \cdot 0.36^{0.26} \cdot 16^{0.1} \cdot 2^{0.1}} \cdot 0.42 = 225 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розрахуємо кількість обертів шпинделя за формулою:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{225 \cdot 1000}{\pi \cdot 80} = 1136 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Знайдемо силу різання P_z за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot B^U \cdot z}{D^q \cdot n^w} = \frac{10 \cdot 350 \cdot 4^{0.24} \cdot 0.18^{0.26} \cdot 16^{0.1} \cdot 2}{80^{0.44} \cdot 1136^0} = 1291 \text{ Н}$$

Потужність фрезерування знаходимо за формулою:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020} = \frac{1291 \cdot 140}{60 \cdot 1020} = 2.95 \text{ кВт}$$

Знайдемо основний час:

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{хв}}}$$

$$S_{\text{хв}} = S \cdot n = 0.18 \cdot 1136 = 205 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$$

$$\text{Значить } T_o = \frac{128 \cdot 3}{205} = 1.87 \text{ хв}$$

Операція 065 - Шліфування показано на рисунку 3.5.

Використовується круглошліфувальний верстат RSM 1000 з ЧПК в якості інструменту круг шліфувальний прямий 1A1 150x100x5x32

Призначимо швидкість обертowego руху заготовки:

$$v_{\text{з чорнове}} = 25 \frac{\text{м}}{\text{хв}}, v_{\text{з чистове}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Швидкість обертання шліфувального круга:

$$v_k = 30 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Глибина шліфування:

$$t_{\text{чорнове}} = 0.02 \text{ мм}, t_{\text{чистове}} = 0.01 \text{ мм}$$

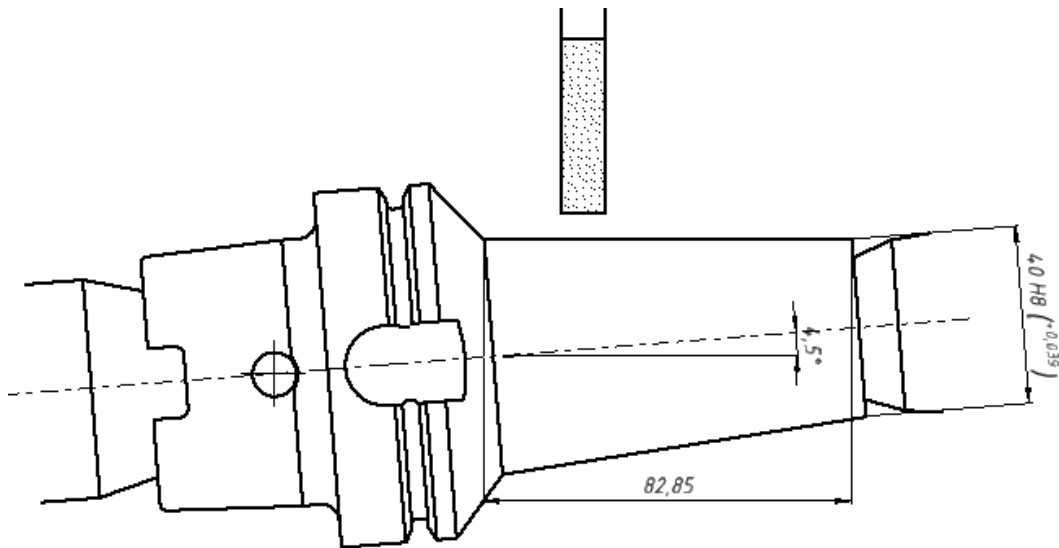


Рисунок 3.5 – Шліфування

3.5. Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на механічну обробку конуса деталі, в якості заготовки використовується прокат звичайної точності за ГОСТ 2590-88 з високолегованої жаростійкої сталі 13X14H3B2ФР. Досягнення заданих параметрів елемента забезпечується за допомогою чорнового і чистового точіння, шліфування.

Для діаметра 85мм граничні відхилення сталі 13X14H3B2ФР становлять +0.5 та -1.3, отже допуск на виготовлення становитиме

$$IT=1800 \text{ мкм.}$$

Глибина дефектного шару $h=250 \text{ мкм}$

Шорсткість поверхні: $R_z=100 \text{ мкм.}$

Визначаємо припуск на чорнове точіння:

$$2 \cdot Z_{1min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{ei-1})$$

R_{zi-1} – шорсткість заготовки на попередньому переході,

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході,

Δ_{ei-1} - просторове відхилення на попередньому переході

Відхилення розташування буде складатись з похибки кривизни прутка та похибки базування деталі. Довжина заготовки дорівнює 165мм, отже

$$\Delta_k = 165 \cdot 0.5 = 82.5 \text{ мкм}$$

Похибка центрування визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{ц}} = 0.25 \cdot \sqrt{IT_d^2 + 1} = 0.25 \cdot \sqrt{1.8^2 + 1} = 0.514 \text{ мм} = 514 \text{ мкм}$$

$$\text{Обчислимо просторове відхилення: } \Delta_{\text{заг}} = \sqrt{\Delta_k^2 + \Delta_{\text{ц}}^2} = 520 \text{ мкм}$$

Сумарне відхилення знайдемо за формулою:

$$\Delta_{ei-1} = K_y \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0.06 \cdot 520 = 31.2 \text{ мкм}$$

Якість поверхні при чистовому точінні становить: $R_z = 6.3 \text{ мкм}$, $h = 25 \text{ мкм}$

Визначаємо сумарне відхилення, але коефіцієнт уточнення приймаємо 0.04. $\Delta_1 = K_y \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0.04 \cdot 520 = 20 \text{ мкм}$.

Просторові відхилення, які з'являються після термообробки обчислюємо за формулою:

$$\Delta_2 = \frac{0.001 \cdot n \cdot L}{0.1 \cdot d + 0.3} = \frac{0.001 \cdot 1 \cdot 165}{0.1 \cdot 80 + 0.3} = 19.8 \text{ мкм}$$

Розрахуємо сумарне відхилення:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_2^2 + \Delta_1^2} = 28 \text{ мкм}$$

Знайдемо величини мінімальних припусків:

$$2 \cdot Z_{1 \text{ min чорнове}} = 2 \cdot (100 + 250 + 514) = 1728 \text{ мкм}$$

$$2 \cdot Z_{2 \text{ min чистове}} = 2 \cdot (12.5 + 100 + 31.2) = 288 \text{ мкм}$$

$$2 \cdot Z_{3 \text{ min шліфування}} = 2 \cdot (0.4 + 6) = 13 \text{ мкм}$$

Технологічні операції та переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахований припуск $2Z_{i \min}$, мкм	Розрахунковий розмір, мм, d_{\min}	Допуск на виготовлення IT_d , мм	Прийняті розміри переходу, мм	
	R_{zi}	h_i	Δ_i	ε_i				$d_{\max i}$	d
Заготовка	100	250	514	-		83.7	1,8	85.3	
Чорнова	12.5	100	31.2	-	1728	81.97	0.16	40.16	
Чистова	6.3	25	28	-	288	81.68	0.06	40.062	
Шліфування	0.4	6	-	-	13	81.55	0.039	40.032	

4. РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ШПОНКОВОГО ПАЗУ

4.1. Аналіз деталі та розробка пристосування

Обробка будь-якої деталі спонукає за собою розробку технологічної оснастки для її швидкого та жорсткого закріплення, точності базування та пришвидшенні підготовки до виробництва [22].

В залежності від типу виробництва виникає потреба правильного підбору оснастки для розробки ефективного технологічного процесу. При малосерійному та штучному виробництві доцільним є використання універсального обладнання, котре надійно забезпечить обробку деякого діапазону розмірів деталей. Під час збільшення кількості виробів до серійного

виробництва логічним є розробка спеціальних пристосувань, які б дали змогу підвищити продуктивність, збільшити кількість одночасно оброблюваних деталей та пришвидшити їх закріплення [22].

Спираючись на ескіз деталі (рисунок 4.1) в якій необхідно обробити шпоночний пазу розробимо оснастку котра забезпечить якісне, швидке та жорстке базування.

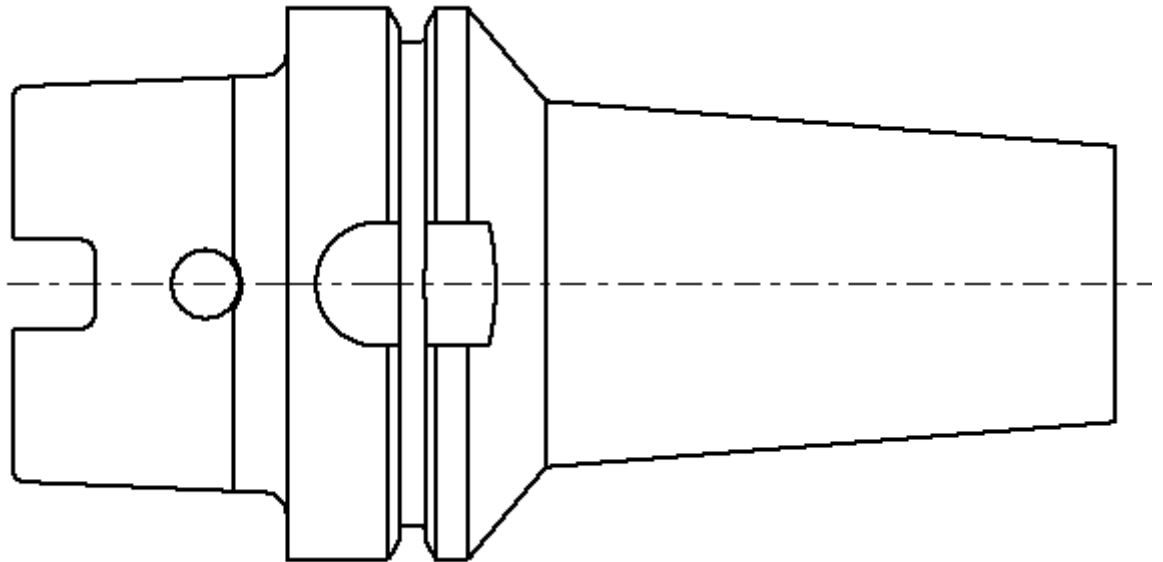


Рисунок 4.1 – Ескіз деталі

Проаналізувавши деталь, можливо прийти до висновку, що тіло обертання типу циліндр необхідно базувати в призмі. Використовуючи оснастку на рисунку 4.2 стає можливим одночасна обробка групи деталей фрезеруванням.

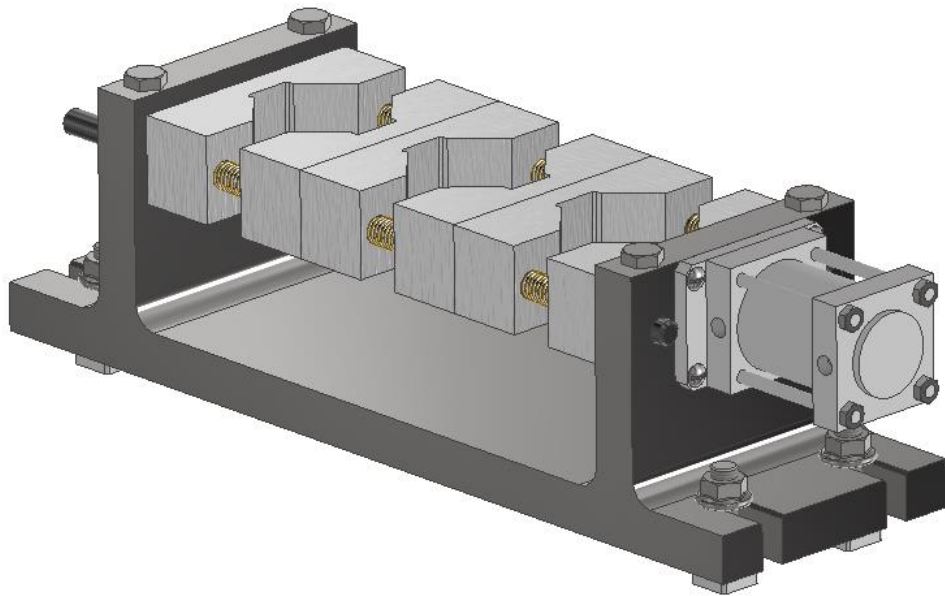


Рисунок 4.2 – Оснастка для закріплення групи деталей

Основою пристосування являється станина зображена на рисунку 4.3, яка має отвори для встановлення та закріплення направляючих які знаходяться на рисунку 4.4.

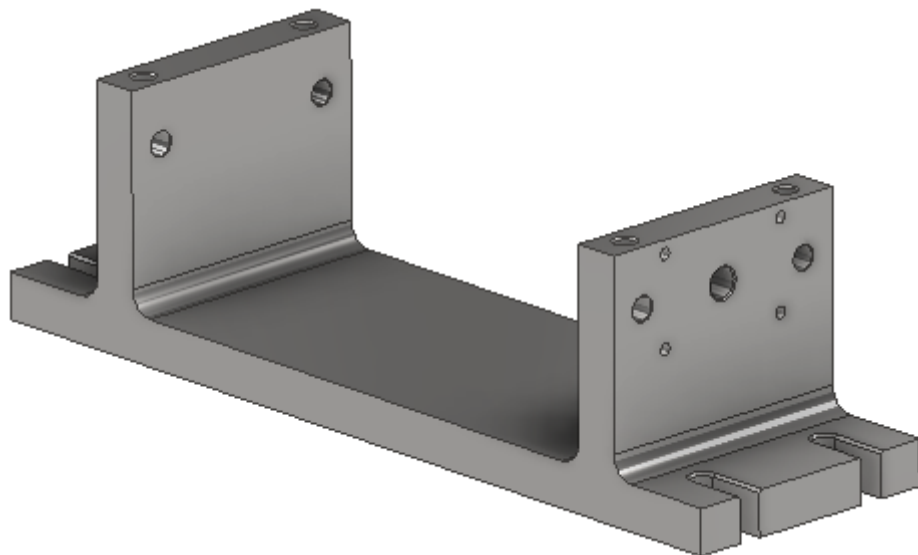


Рисунок 4.3 – Основа пристосування

Направляючі пристосування фіксуються стандартними болтами з шестигранною головкою

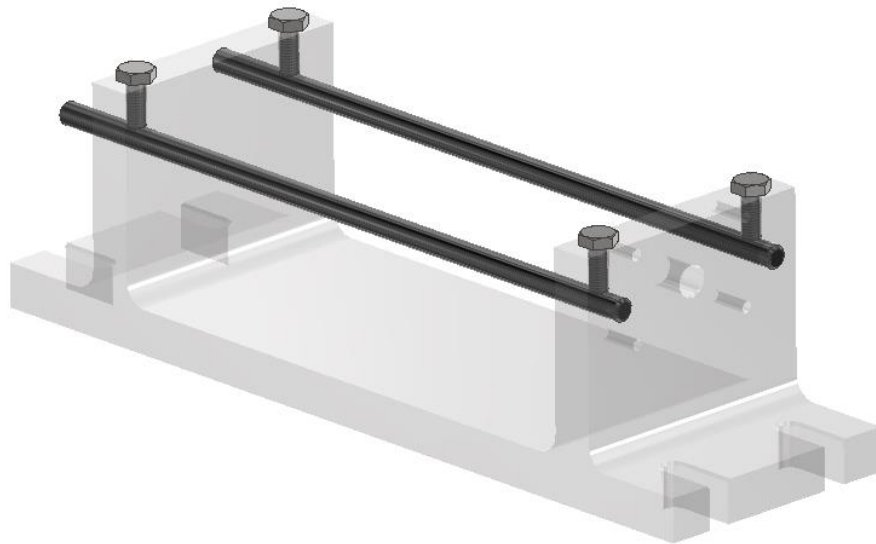


Рисунок 4.4 – Направляючі пристосування

На направляючих розміщаються призми зображені на рисунку 4.5, в яких відбувається базування оброблених деталей та пружини, які повинні розмикати призми при знятті сили затиску.

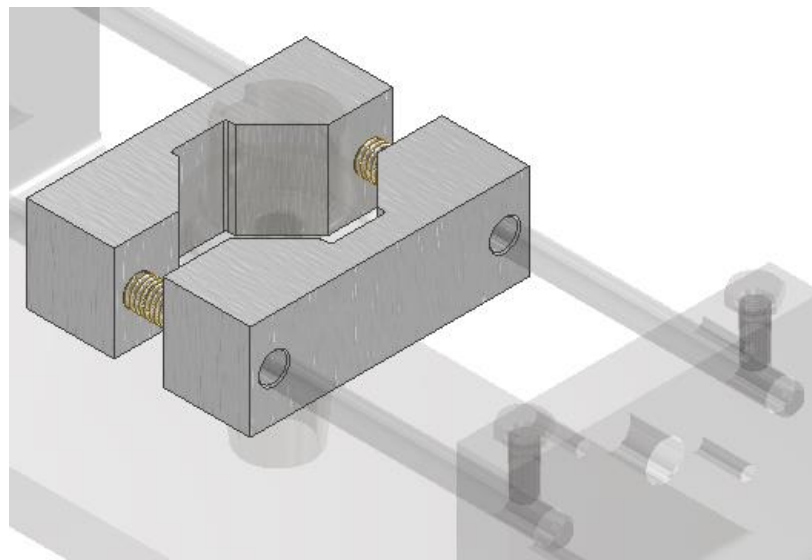


Рисунок 4.5 – Призми для базування

Сили затиску забезпечує пневмоциліндр зображений на рисунку 4.6, котрий з компресора отримує необхідні зусилля затиску і за допомогою

повздовжнього руху штоку вибирає зазори між призмами та оброблюваними деталями, надійно їх фіксуючи.

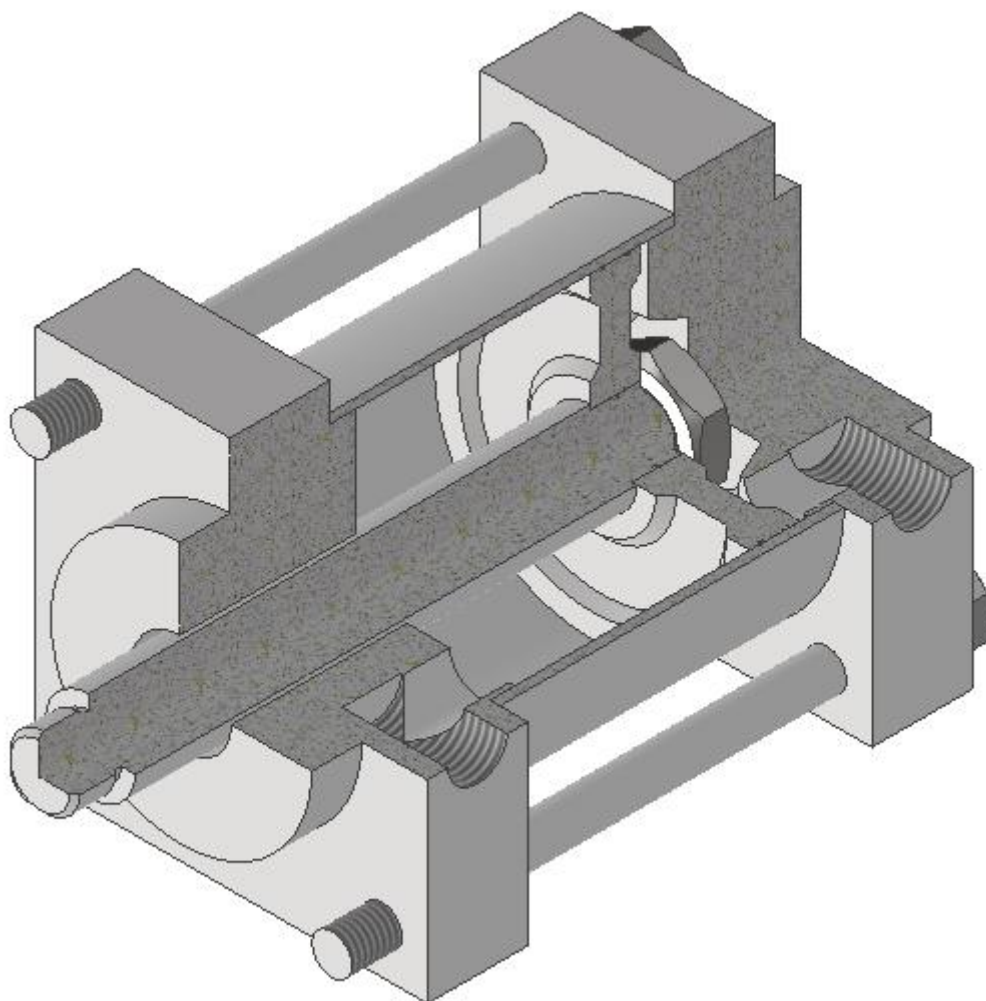


Рисунок 4.6 – Пневмоциліндр

Кріплення пневмоциліндру до станини відбувається завдяки плиті та гвинтів зображених на рисунку 4.7

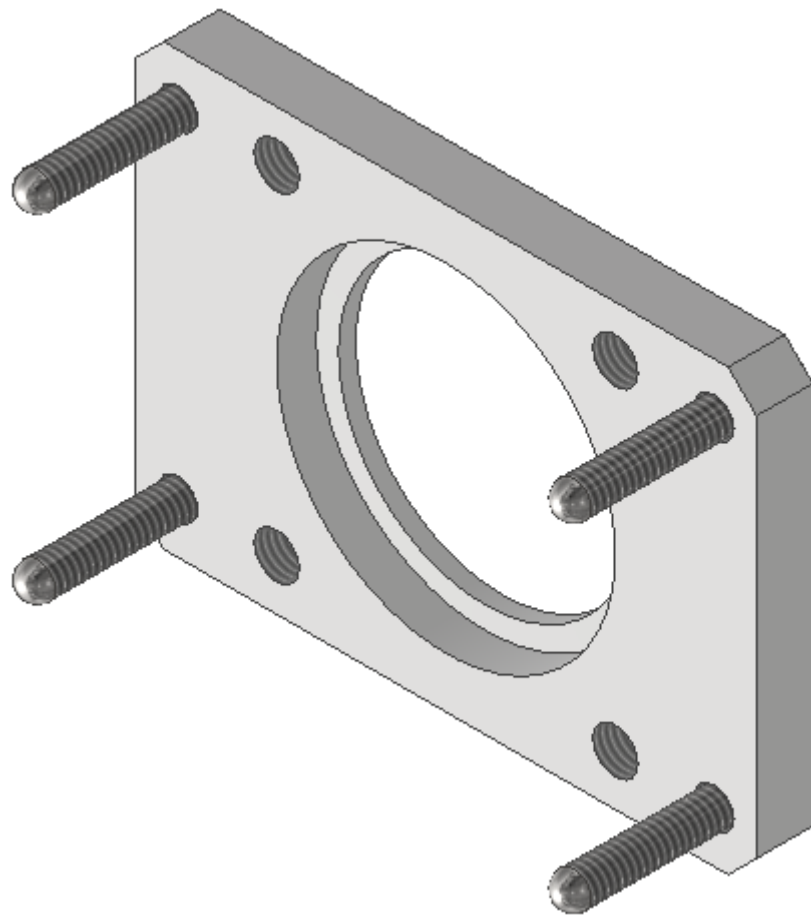


Рисунок 4.7 – Лапки для закріплення пневмоциліндру

Пристосування буде використовуватись для групової обробки деталей. Кріплення циліндричних заготовок буде відбуватись в призми та притискатись пневмоциліндром. Основа пристосування кріпиться до фрезерного столу з використанням сухарів.

4.2. Визначення сил затиску в пристосуванні

Відповідно до схеми затиску оброблюваної деталі у пристосуванні зображеної на рисунку 4.8 розрахуємо силу затиску W .

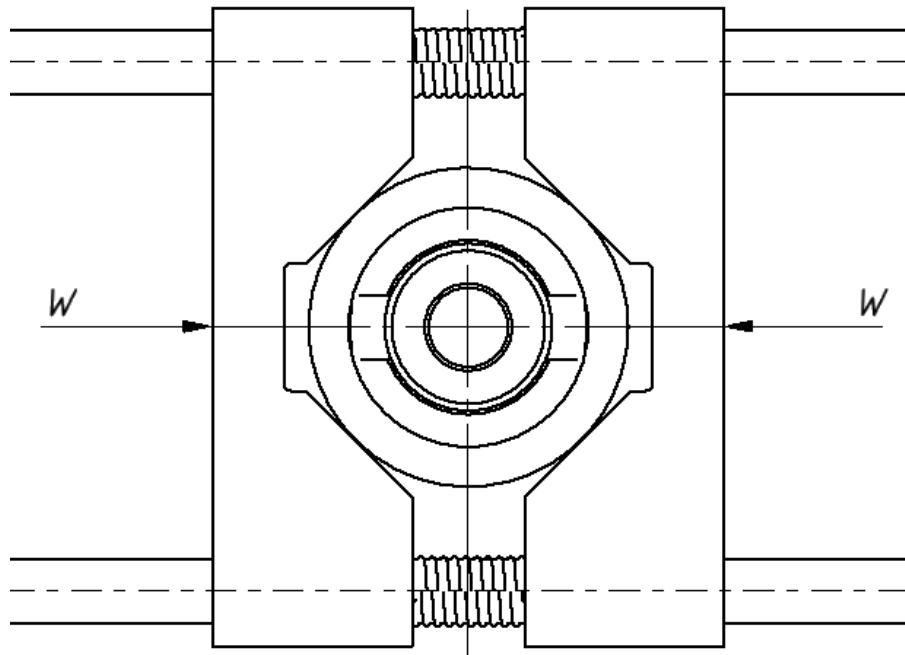


Рисунок 4.8 – Схема затиску деталі для обробки [24]

Сила затиску буде визначатись за формулою:

$$W = k \cdot P_z \frac{\sin \frac{\alpha}{2} \cdot D_1}{2 \cdot f \cdot D}$$

Де k – коефіцієнт запасу (1.2-1.5)

$P_z = 1291\text{Н}$ – сила різання заготовки,

$\alpha = 90^\circ$ - кут призми,

$f = 0.25 - 0.45$ – коефіцієнт тертя робочих поверхонь,

$D_1 = 60\text{ мм}$ – діаметр поверхні, що оброблюється,

$D = 80\text{ мм}$ – діаметр, по якому виконується закріплення деталі.

Отже

$$W = 1.5 \cdot 1291 \frac{\sin \frac{90}{2} \cdot 60}{2 \cdot 0.25 \cdot 80} = 2053\text{ Н}$$

Спираючись на значення сили затиску у пристосуванні підберемо пневмоциліндр за ГОСТ 15608-81, котрий зміг би перенести необхідні навантаження.

5. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

5.1. Побудова 3D моделі корпусу інструменту

Розробка керуючої програми буде відбуватися в середовищі Autodesk Inventor. Розглянемо по крокове створення 3d моделі державки.

Послідовність побудови:

1. Побудувати ескіз тіла обертання (рисунок 5.1)
2. Виконати обертання ескізу навколо своєї осі (рисунок 5.2)
3. Побудувати ескіз отвору та пазу (рисунок 5.3)
4. Виконати видавлювання отвору та пазу (рисунок 5.4)
5. Побудувати ескіз шпонкового пазу (рисунок 5.5)
6. Виконати видавлювання шпонкового пазу (рисунок 5.6)
7. Побудувати різьбу (рисунок 5.7)
8. Виконати заокруглення (рисунок 5.8)
9. Обрати матеріал (рисунок 5.9)

Відповідно до розробленої конструкції виконуємо побудову ескізу тіла обертання.

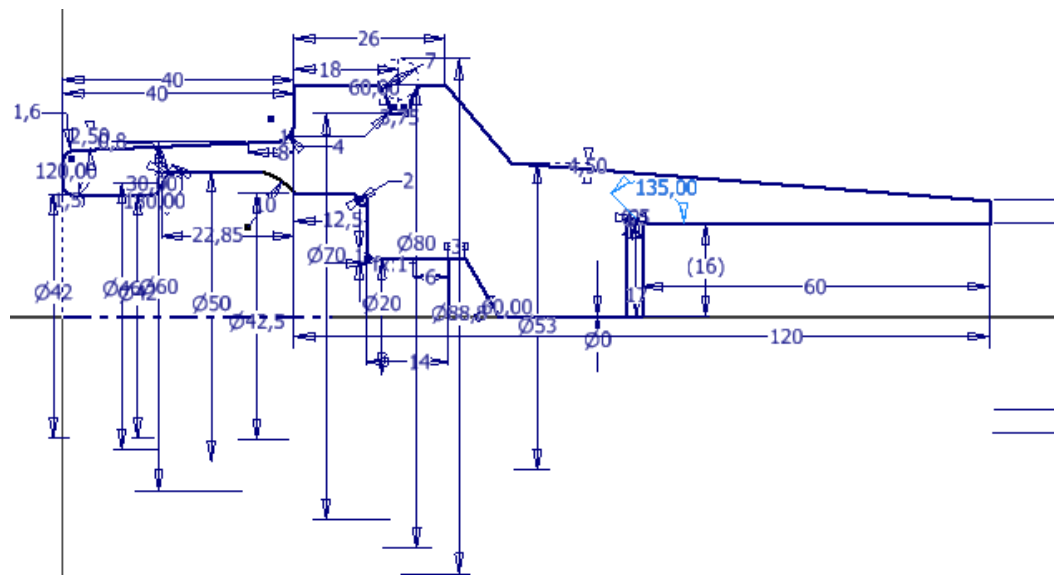


Рисунок 5.1 – Побудова ескізу

Використовуючи команду «Вращение» обираємо виконаний раніше замкнутий контур та обертаємо його навколо своєї осі.



Рисунок 5.3 – Побудова ескізу для отвору та пазу

Використовуючи команду «Выдавливание» з відніманням приберемо зайвий матеріал.

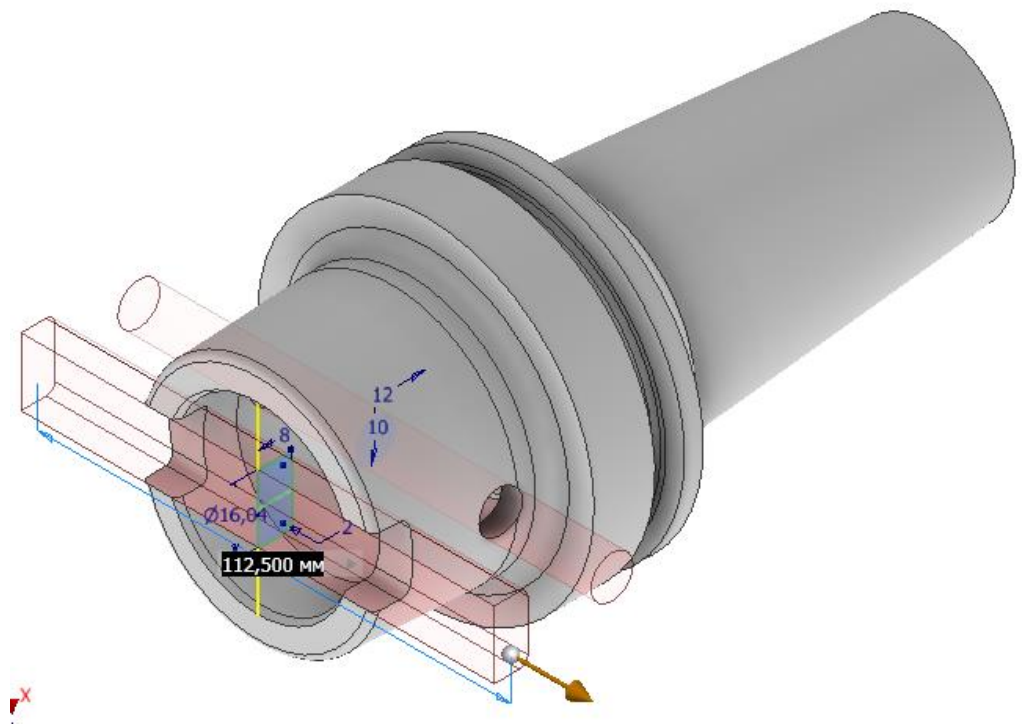


Рисунок 5.4 – Видавлювання отвору та пазу

Допоміжна площина паралельна головній площині та дотикається до найбільшого діаметру деталі.

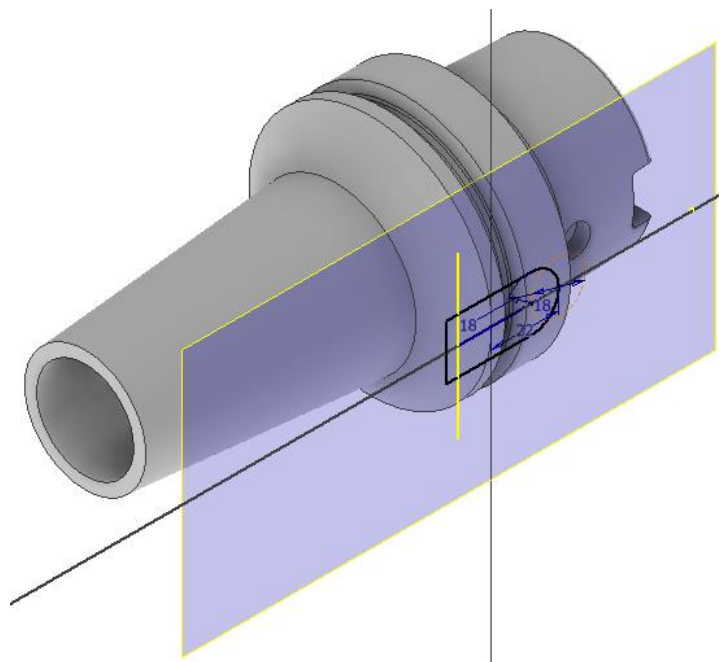


Рисунок 5.5 – Побудова ескіза шпонкового пазу з допоміжною
ПЛОЩИНОЮ

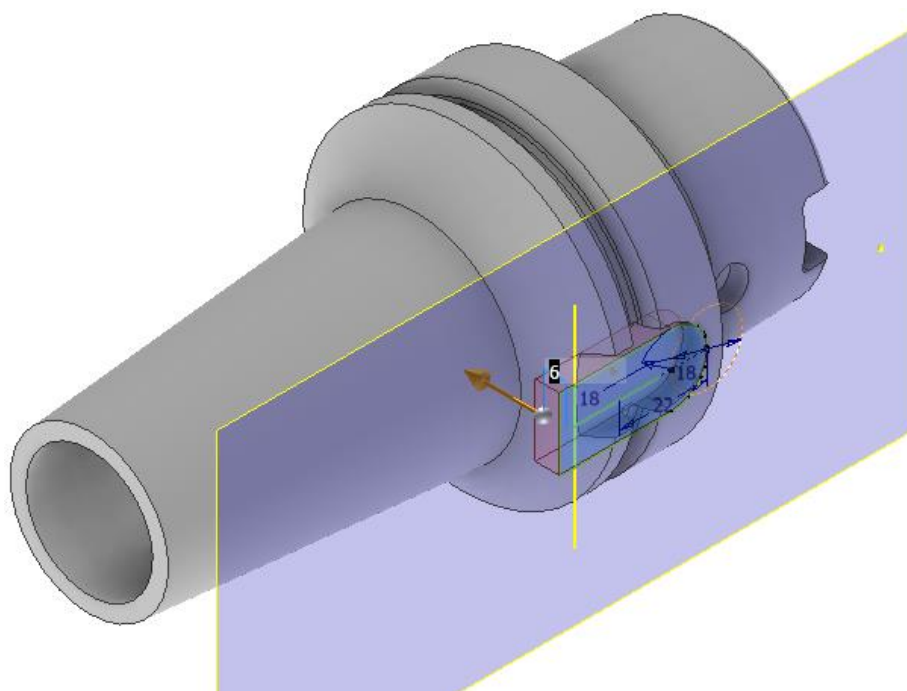


Рисунок 5.6 – Створення шпонкового пазу

Використовуючи команду «Резьба» будемо різьбу, задаючи необхідні параметри. Тіло показане в розрізі двома площинами.

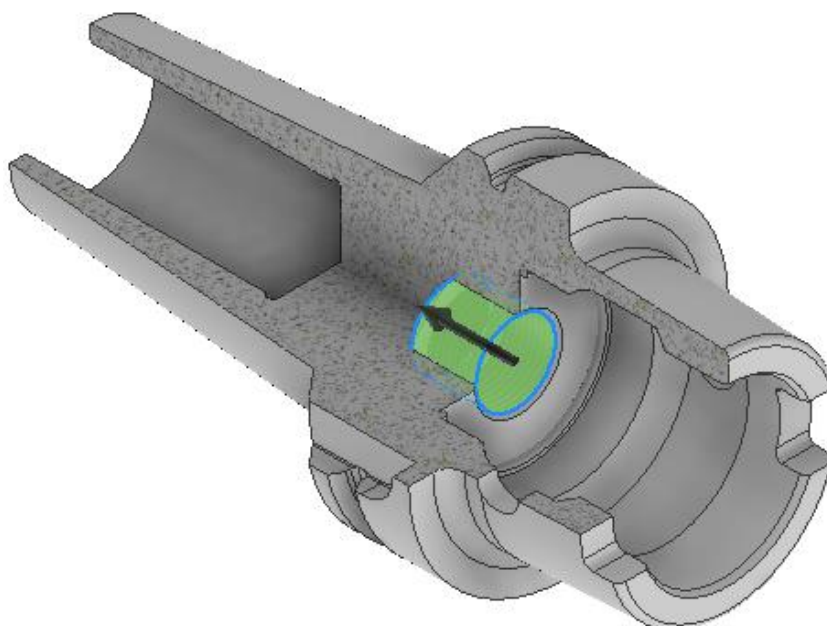


Рисунок 5.7 – Побудова різьби

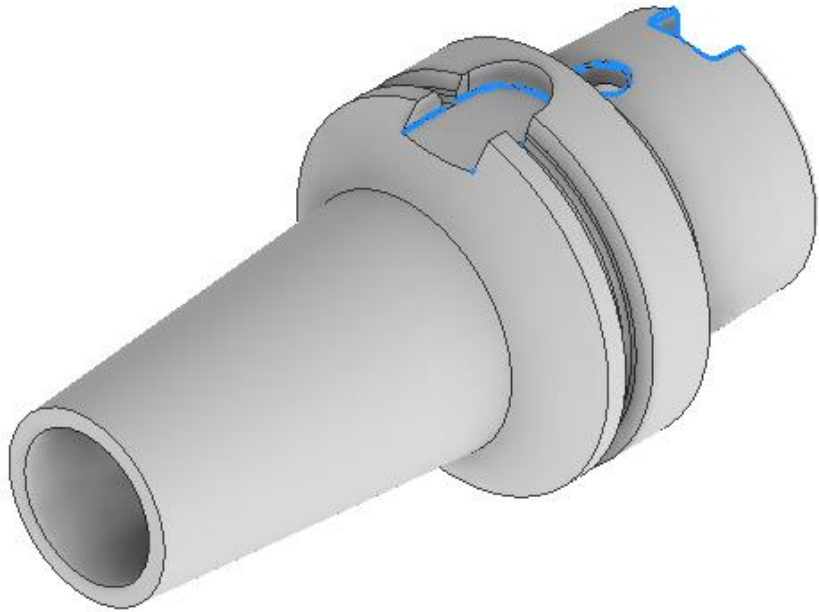


Рисунок 5.8 – Заокруглення



Рисунок 5.9 – Призначення матеріалу

В результаті маємо готову до подальшої симуляції обробки на ЧПК модель.

5.2. Симуляція операції точіння конусу на ЧПК

Розробка операції на ЧПК починається з задання розмірів заготовки (Рисунок 5.10).

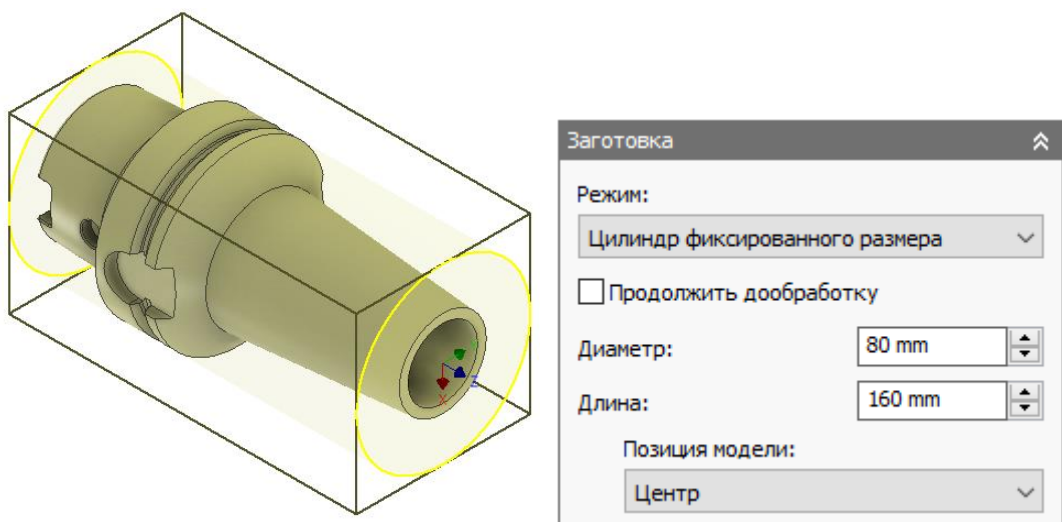


Рисунок 5.10 - Заготовка

Використовуємо команду «Точение», з бібліотеки інструменту обираємо оберемо той, що задовільняє параметри обробки. У разі якщо такого інструменту в бібліотеці не існує – необхідно його додати.

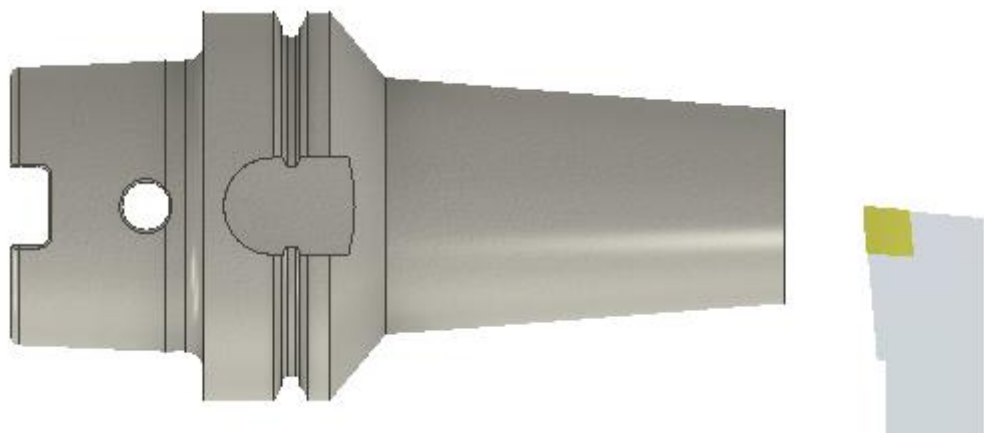


Рисунок 5.11 – Заготовка з інструментом

Далі необхідно задати межі обробки, припуски та режими різання.

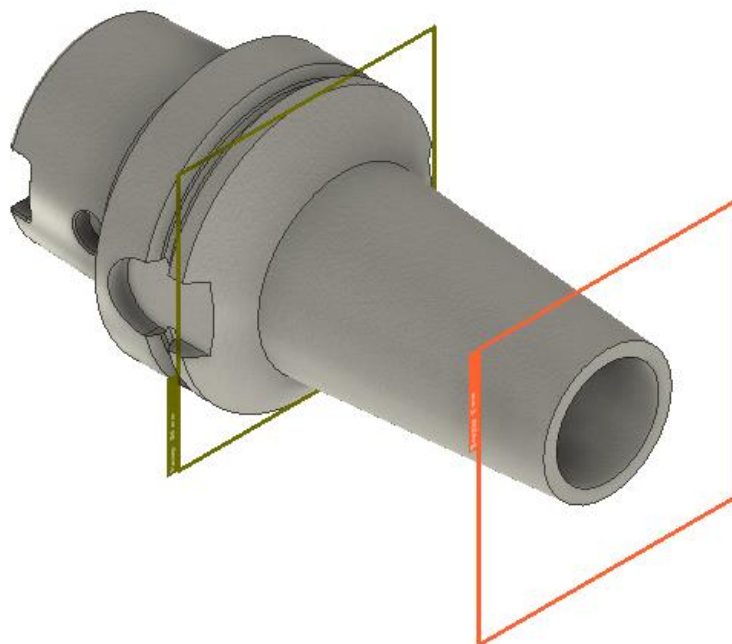


Рисунок 5.12 – Межі обробки конусу інструменту

Далі переходимо на вкладку «Симуляція» та перевіряємо правильність та стратегію обробки.

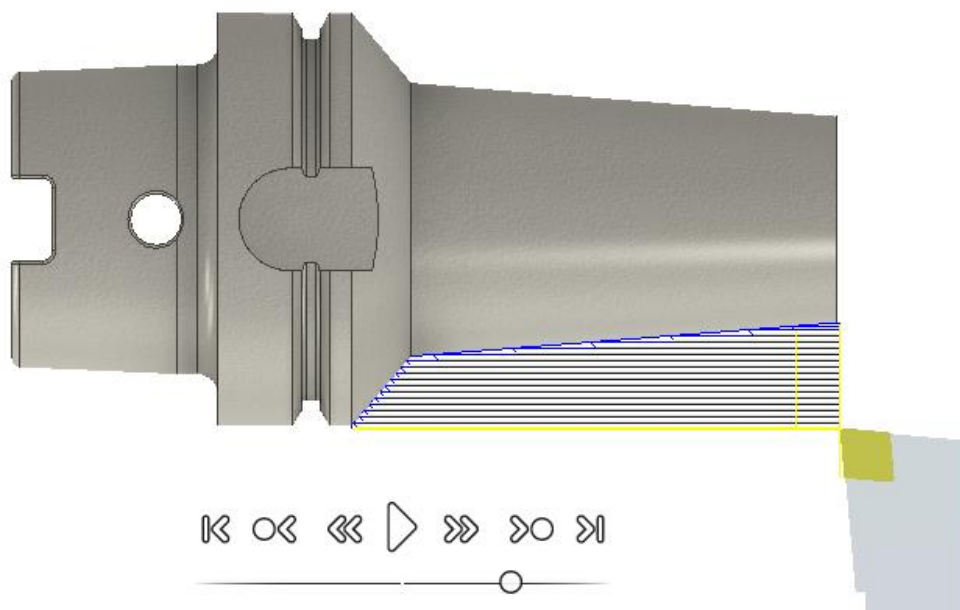


Рисунок 5.13 – Симуляція обробки на ЧПК

Симуляція процесу точіння не видала помилок, отже все зроблено правильно. Далі необхідно зайти в простпроцесор та зберегти G-код який запропонує програма для подальшого використання на ЧПК.

В ході роботи над дипломним проектом були проаналізовані конструкції ротаційних різців, в результаті чого була розроблена конструкція яка складається з корпусу державки, вставки для закріплення пластини з використанням гвинта та самої різальної пластини. Розроблений інструмент дозволяє підвищити продуктивність точіння металевих композиційних матеріалів за рахунок збільшення довжини різальної кромки та зменшення температурного навантаження на кожну окрему ділянку кромки в цілому, що в свою чергу позитивно впливає на стійкості різальної пластини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

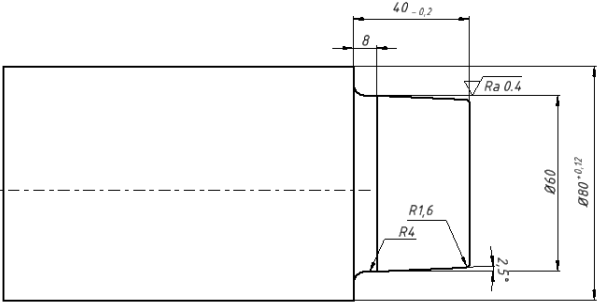
1. Леонов В.В., Артемьева О.А., Кравцова Е.Д. Материаловедение и технология композиционных материалов. Курс лекций. – Красноярск: СФУ, 2007. – 241с.
2. Machining Technology for Composite Materials: Principles and Practice (Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering) / Н. Hocheng ISBN-13: 978-0857090300 ISBN-10: 9780857090300, – 2012
3. Ротационное резание материалов / П. И. Ящерицын, А. В. Борисенко, И. Г. Дривотин, В. Я. Лебедев Мн.: Наука и техника, 1987. – 229 с.
4. Круглый чашечный самовращающийся резец: патент RU 2445190, МПК В23В 27/12, заявл. 15.09.2009, опубл. 20.03.2012, Бюл. №8
5. Роторный инструмент: патент RU 2337793, МПК В23В27/12, заявл. 13.11.2006, опубл. 10.11.2008, Бюл. №31
6. Роторная режущая головка: патент RU 2368464, МПК В23В27/12 заявл. 27.12.2005, опубл. 27.09.2009 Бюл. № 27
7. Method of cutting solids of revolution by a rotary tool having circular cutting lip, and a rotary tool for carrying same into effect: Patent US 4178818, Dec 18, 1979.
8. Method and assembly for rotating a cutting insert during a turning operation and inserts used therein: Patent US 7156006, Jan 2, 2007
9. Cylindrical rotating tool with internal fluid passage and machining method using the same: Patent US 839383082, Mar 31, 2010
10. Turning insert, a tool part, a method as well as a machine tool cutting metal machining: Patent US 8776649, Jul. 15, 2014
11. Залога В.О. Курс лекций Инструментальные материалы для лезвийных инструментов. Раздел Инструментальные материалы, Сумы: Изд-во СумДУ, 2007 - 205 с.
12. Землянский В.А. Обработка высокопрочных материалов инструментами с самовращающимися резцами / В.А. Землянский, Б.Ф. Лупкин. – К. : Техника, 1980. – 127 с.

13. Степанов А. А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. – Л.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
- я14. Савенок Л. И. МАРКИРОВКА И ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ / Л. И. Савенок, А. А. Миренков, И. А. Шаршуков. – Горки, 2012.
15. Основи формоутворення поверхонь різанням [Електронний ресурс]: підручник для студентів технічних спеціальностей / В. І. Солодкий, Д. О. Красновид, О. А. Плівак. – Електронні текстові дані (1 файл 14,3 Мбайт). — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 440 с.
16. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. Издательское объединение «Вища школа» 1974 - 400 с.
17. Елена Климова, Журнал «СТРУЖКА», сентябрь 2003
18. ГОСТ 25827-2014 Хвостовики инструментов с конусом 7:24 для ручной и автоматической смены инструмента. Типы А, АД, АФ, U, UD, UF, J, JD и JF. Размеры и обозначение
19. Каталог фірми KENNAMETAL . Електронний ресурс. Доступ <http://lab2u.ru/rezhushchii-i-vspomogatelnyi-instrument-s-khlostovikom-hsk-shiroko-rasprostranennyi-standart-din-dlia-stanochного-instrumenta-instrument-hsk-snabzhen-konusom-1-10-katalog-kennametal-2007-sistemy-instrumenta-str-800-0801-lab2u.html>
20. Каталог фірми Sandvik Coromant, Електронний ресурс. Доступ - <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/machine-tooling-solutions/tooling-considerations/pages/spindle-selection.aspx>
21. М.М. Палей. Технология производства режущего инструмента. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. Москва 1963
22. Барсов А.И. Технология инструментального производства. Учебник для машиностроительных техникумов. Изд. 4-е, исправленное и дополненное. М., «Машиностроение», 1975. 272 с. С ил.

23. Н.С. Равська, Л.І. Ковальва, О.А. Охріменко ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ИНСТРУМЕНТУ, ММІ НТУУ «КПІ», 2012.- 28 с.

24. Проектування та технологічне забезпечення інструментальних систем інженерного дизайну [Електронний ресурс] : Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей / В.І. Солодкий, Ю. І. Адаменко, В. В. Вовк, Н. В. Мініцька : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 225 с.

ДОДАТКИ

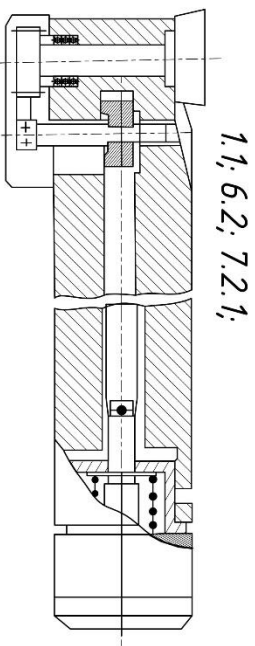
Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
															10	93			
Разраб.	Болячевець Я.																		
Прове	Адаменко Ю.І.																		
	Адаменко Ю.І.																		
Наименование операции				Мате	Твердос	ЕВ	МД	Профиль,	МЗ	КО									
010 Токарна				13X14H3B2ФР															
																			
Оборудование; устройство ЧПУ				Обоз	То	Тв	Тпз	Тшт	Сож										
Верстат токарний з ЧПК JCL-28S CNC					5.6														
Р	Содержание перехода			D	L	t	i	S	n	V									
0	1. Встановити і закріпити																		
T0	2. Патрон трикулачковий																		
0	3. Точіння чорнове			80	40	2	6	0.6	180	48									
0	4. Точіння чистове			80	40	0.5	1	0.1	333	89									
T0	5. різець токарний прохідний AKKO SDJCR 1616 K11-S																		

[illegible]

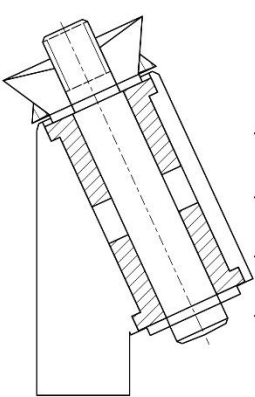
[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ДП МІ.6103.09.000 СК	<u>Складальне креслення</u>		
				<u>Деталі</u>		
	1			Основа	1	
	2			Направляюча	2	
	3			Призма	6	
	4			Пружина	6	
				<u>Стандартні вироби</u>		
	5			Пневмоциліндр 1221-063х 0060-УО-ГОСТ 15608-81	1	
	6			Сухарь DIN 787	4	
	7			Гвинт DIN EN ISO-2010 M6X45	4	
	8			Болт M14x35 ГОСТ 15591-70	4	
	9			Гайка EN 24036 M8	4	
	10			Гайка M16-6H ГОСТ 50592-93	4	
				ДПБ.ММІ.МІ. 6103.000.СП		
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата.	Літера Аркуш Аркушів 12	
Розробив	Болячевець Я					
Перевірив	Адаменко Ю. І.					
Н.контр.						
Затв.						
Специфікація пристосування для фрезерування шпонкового пазу					НТУУ "КПІ ім. І.Сікорського", ММІ,МІ-61-1	

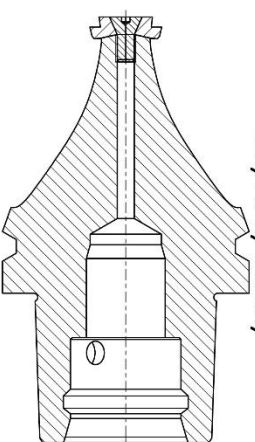
Класифікація ротаційних різців



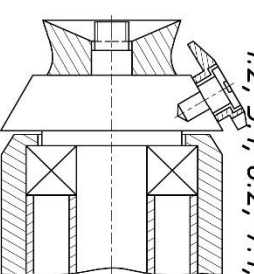
1.1, 6.2, 7.2.1;



1.2, 5.2, 6.1, 7.1;

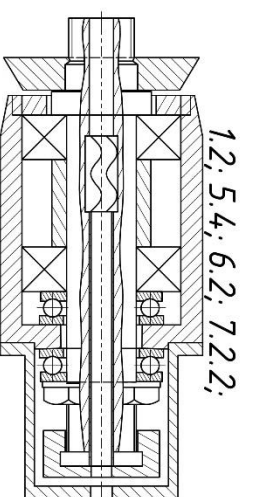


1.2, 5.4, 7.2.2;

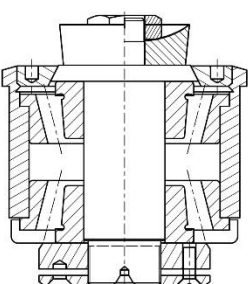


1.2, 5.1, 6.2, 7.1;

1.2, 5.4, 6.2, 7.1;

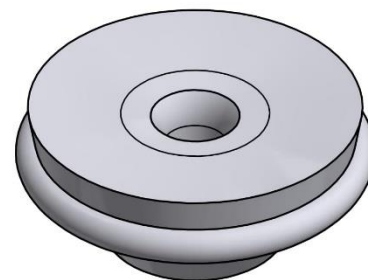
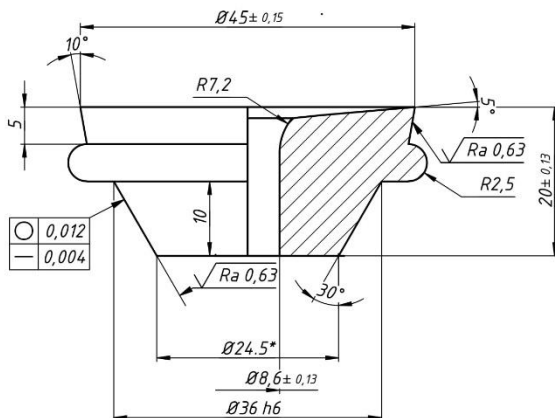


1.2, 5.4, 6.2, 7.2.2;



1.1, 6.2, 7.1;

1. За розташуванням пластин —
 - 1.1 Радіальне
 - 1.2 Тангенціальне
2. За напрямом різання —
 - 2.1 Пряме
 - 2.2 Обернене
 - 3.1 Стальні
3. За матеріалом пластин —
 - 3.2 Твердосплавні
 - 3.3 Надтверді матеріали
 - 4.1 Полувом
4. Підведення ЗОТС —
 - 4.2 Внутрішня подача під тиском
 - 4.3 Без ЗОТС
5. За методом відводу стружки —
 - 5.1 Стружколом
 - 5.2 Стружковідвідна втулка
 - 5.3 За допомогою ЗОТС
 - 5.4 Без допоміжних пристосувань
6. За типом опор —
 - 6.1 Підшпильки ковзання
 - 6.1.1 Сталь-бронза
 - 6.1.2 Сталь-чавун
 - 6.1.3 Сталь-графіт
 - 6.1.4 Сталь-фторопласт
 - 6.2 Підшпильки кочення
 - 6.2.1 Радіально-упорні
 - 6.2.2 Радіальні та упорні
 - 6.2.3 Ролікові конічні
 - 6.2.4 Голчасті
 - 6.3 Гідростатичні
 - 6.4 Комбіновані
7. За способом обертання —
 - 7.1 Самообертання
 - 7.2 Примусове
 - 7.2.1 Автоматичний періодичний поворот
 - 7.2.2 Від окремого приводу

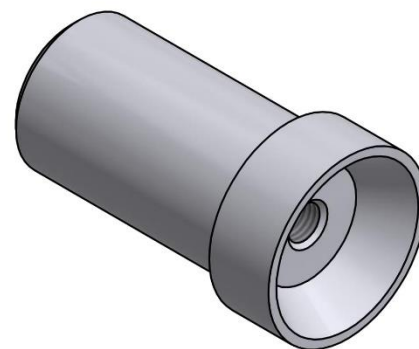
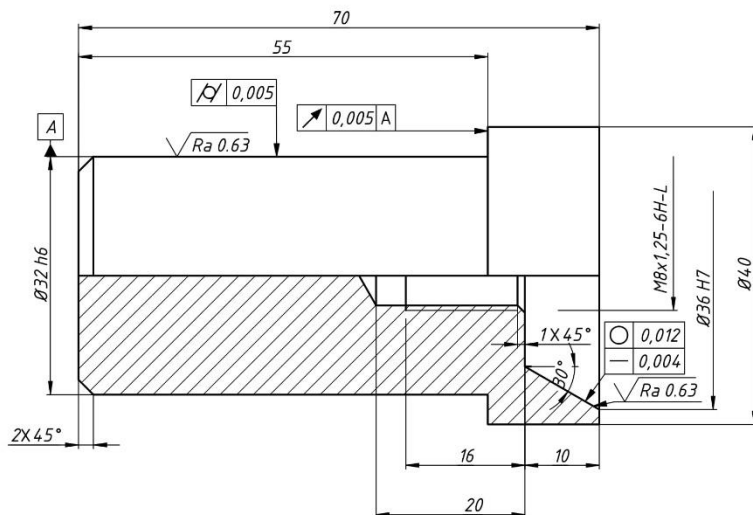


- *Розміри для довідок
- Клас допуску U за ГОСТ 19042.
- Невказані граничні відхилення лінійних розмірів $\pm \frac{IT_{14}}{2}$.
- Кількість викришувань на різальних кромках не більше трьох.
- Невказані кутові розміри AT16.

					ДП МІ.6103. 03.000 ТК				
					Пластина	Лит		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					2:1
Разраб.		Болячевець Я							
Пров.		Адаменко Ю.І.							
Т. контр.									
Нач. отд.					ТТ7К12 ГОСТ 3882	НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"			
Н. контр.									
Утв.									

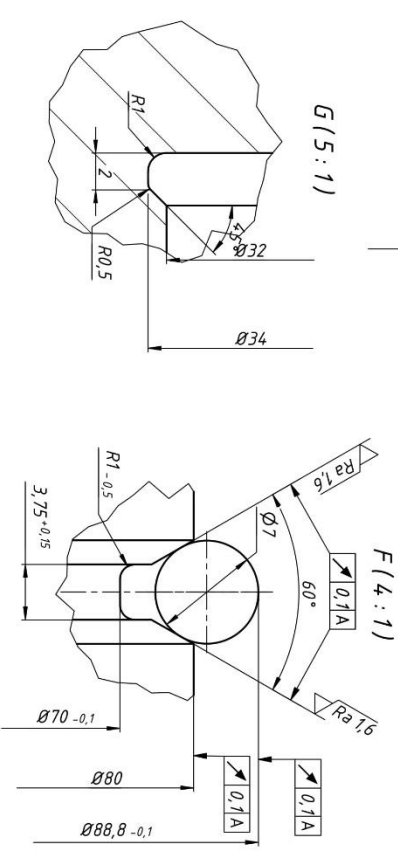
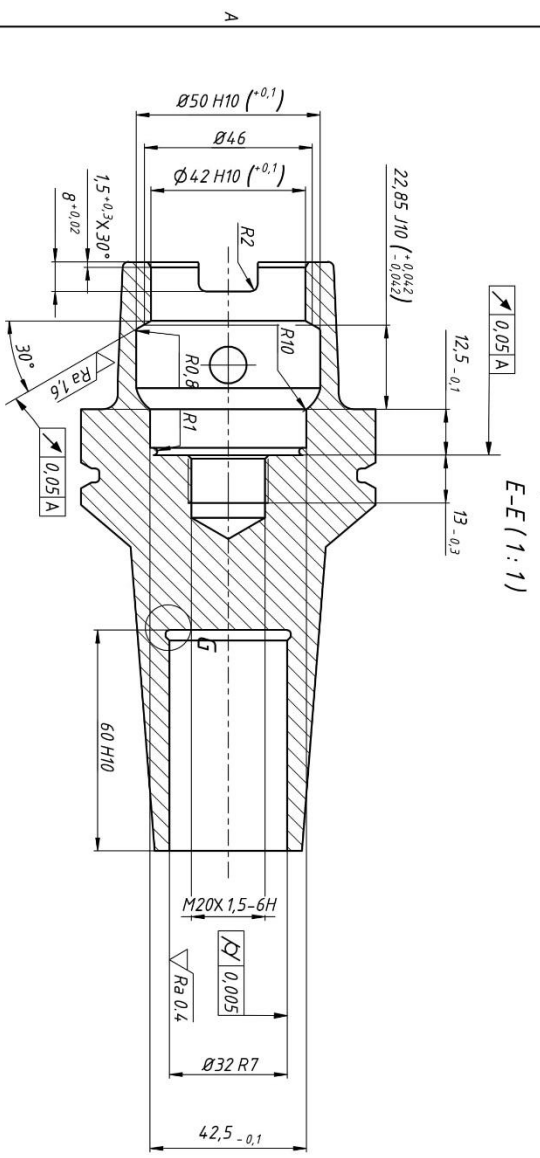
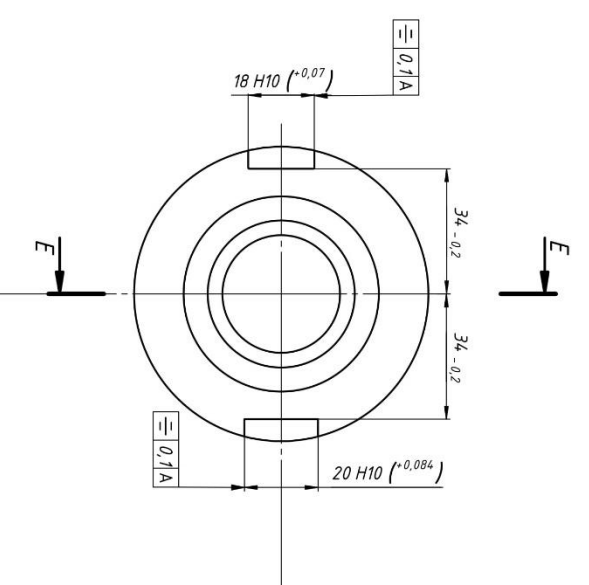
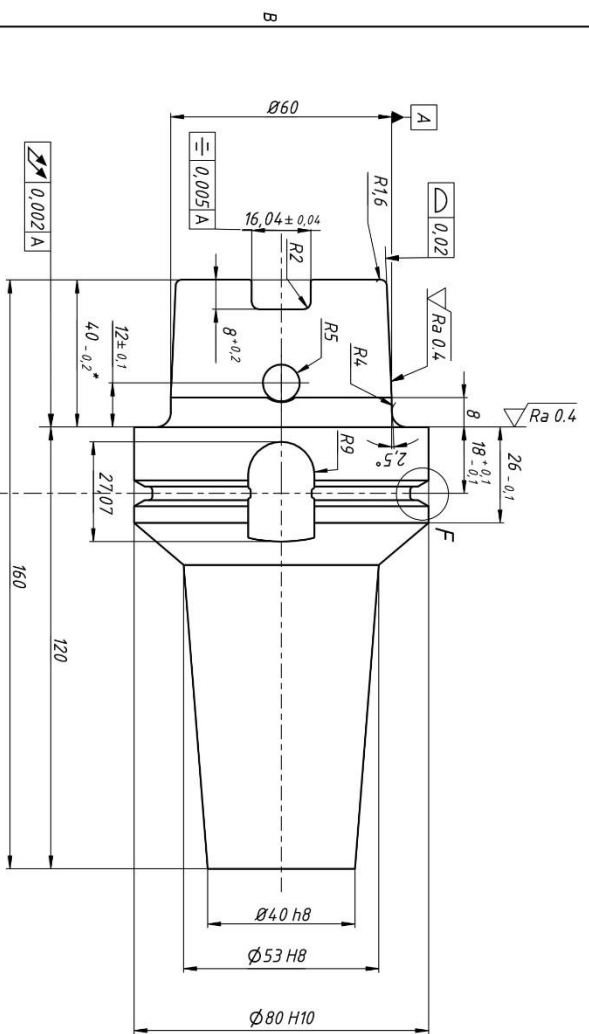
ДП МІ.6103. 02.000 ТК

$\sqrt{Ra 1,25 (\sqrt{V})}$



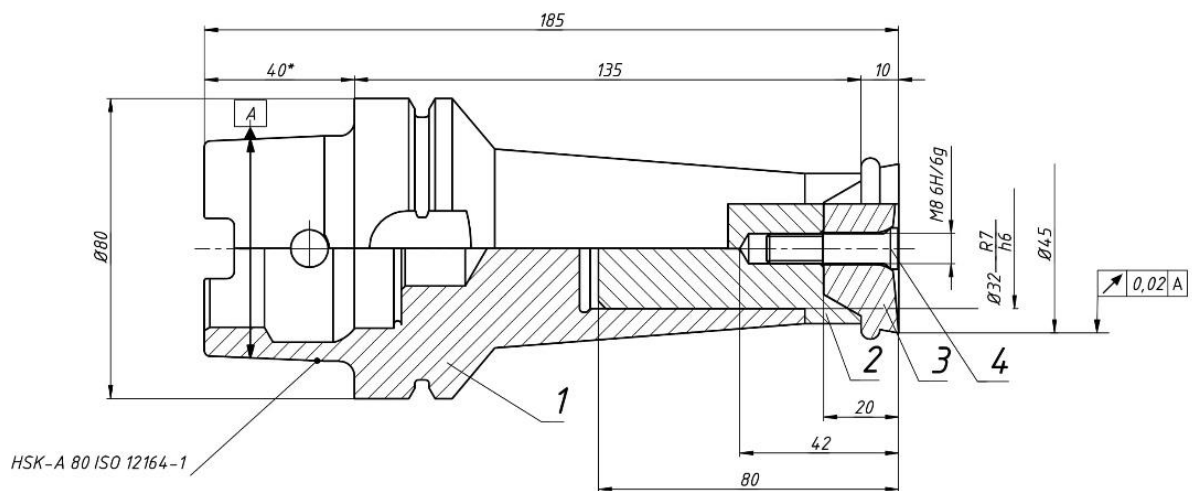
- Основні допуски ISO-2768 mK.
- Твердість HB 300.

					ДП МІ.6103. 02.000 ТК			
					Вставка-перехідник	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Болячевець Я			02.05.2020			0,1	2:1
Пров.	Адаменко Ю.І.							
Т. контр.						Лист	Листов	1
Нач. отд.					13X14H3B2ФР ГОСТ 5632-72	НТУУ "КПІ ім Ігоря Сікорського"		
Н. контр.								
Утв.								



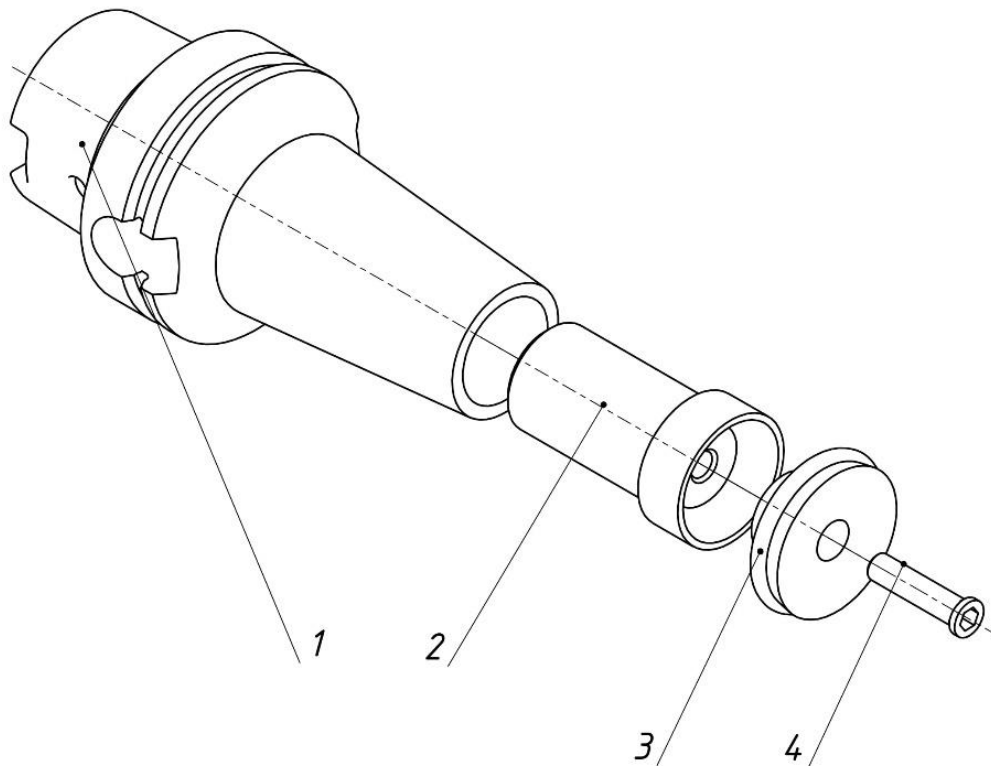
1. *Розміри для довідок.
2. Основні допуск ISO 2768-mK
3. Твердість HB 302
4. Покриття хім. окс. прм. ГОСТ 9073-77

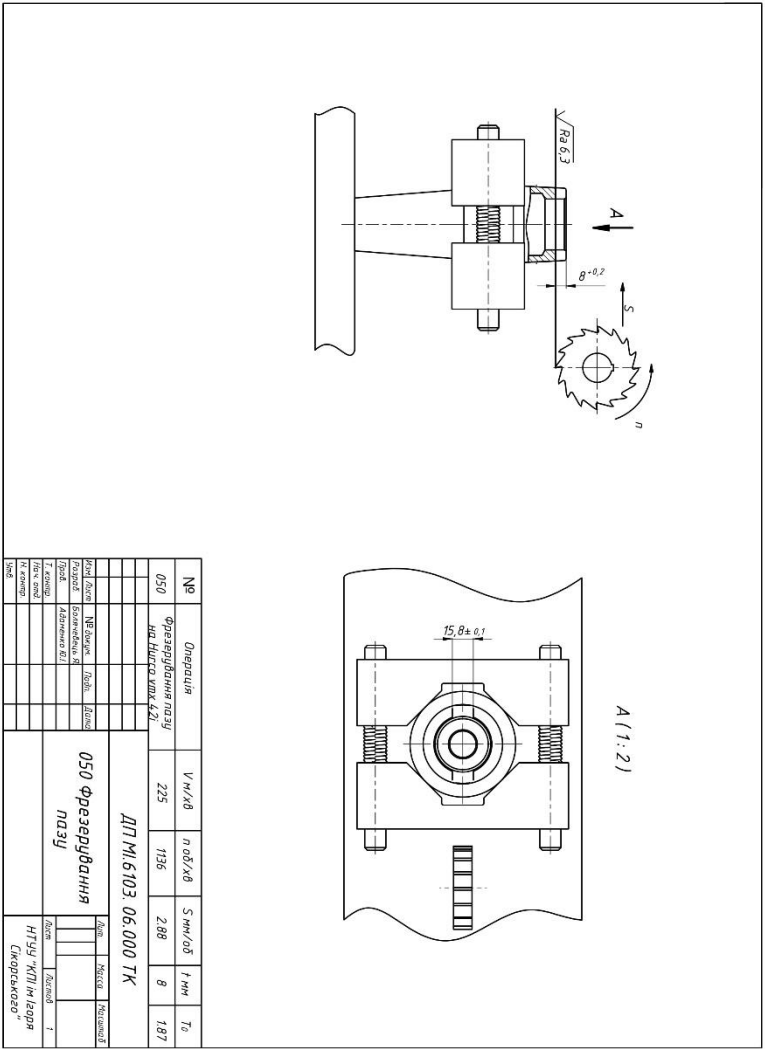
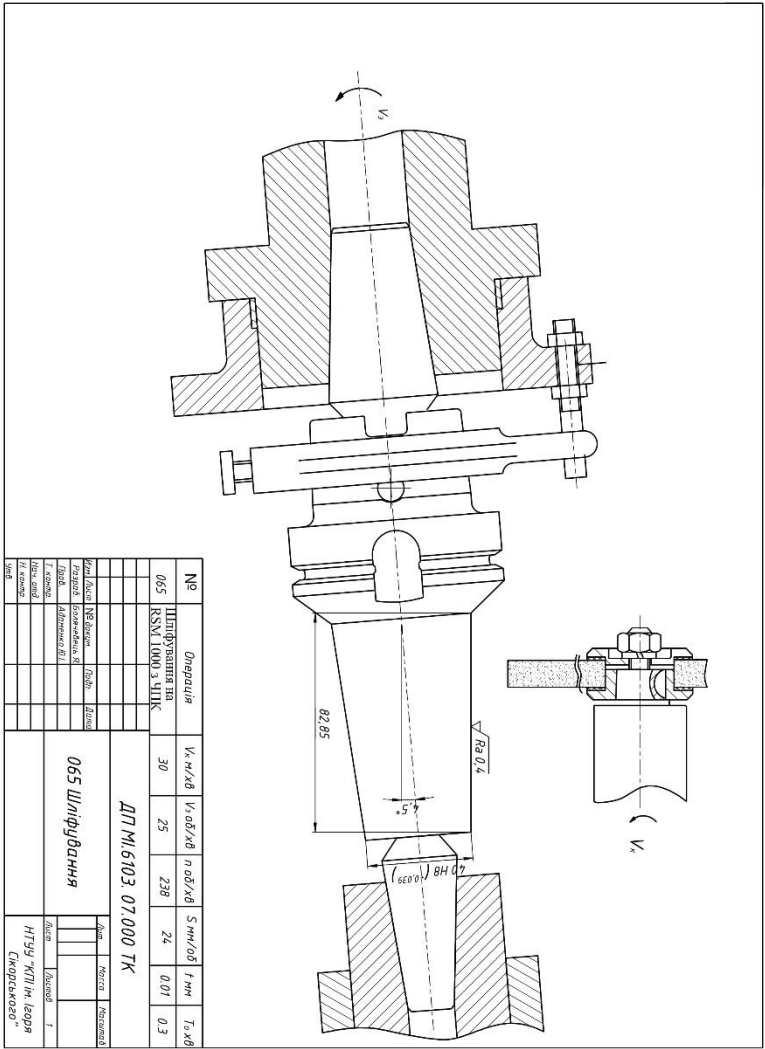
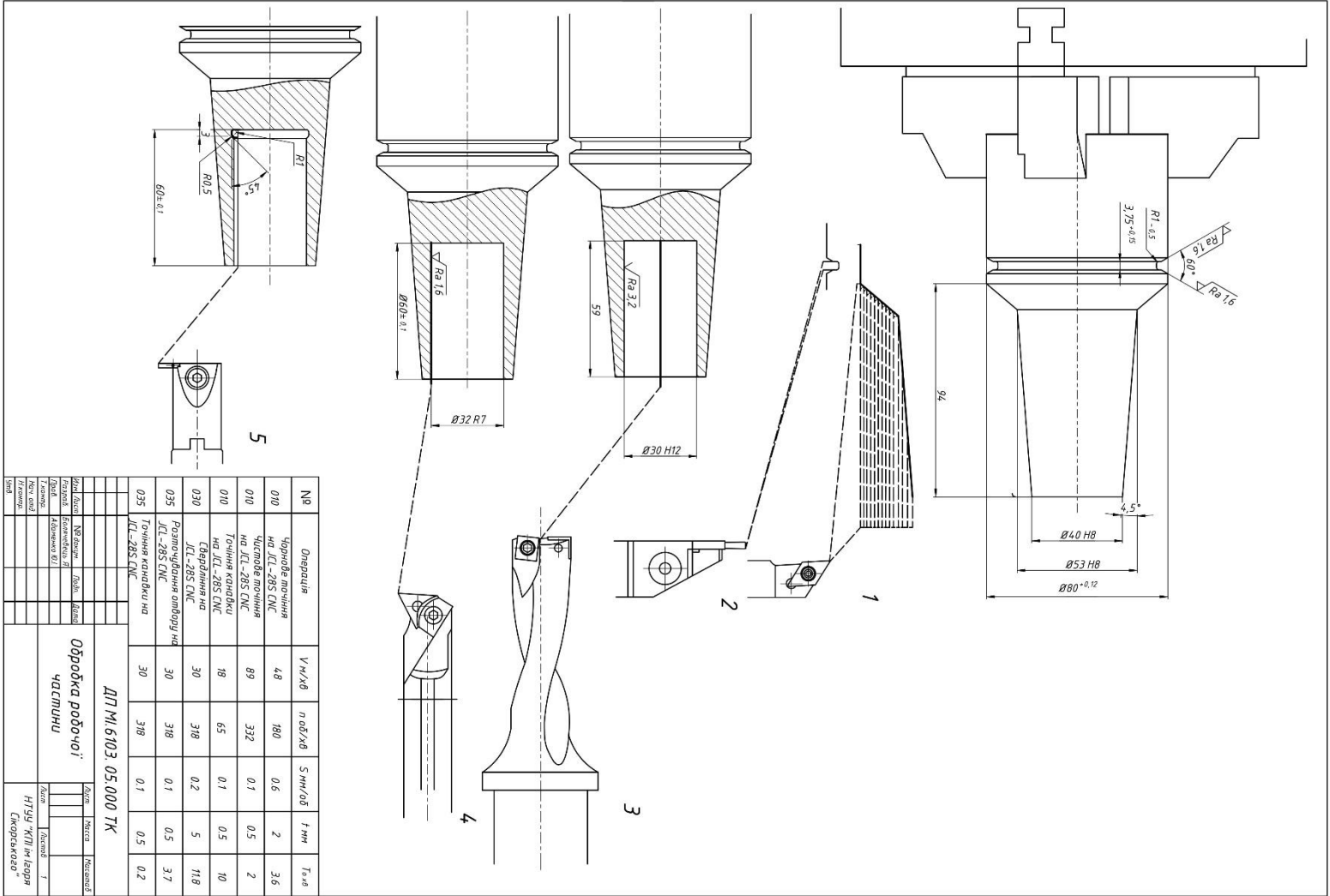
ДП М.6103. 01.000 ТК				Конструкція державки			
Ім'я	Лист	№ докум.	Подп.	Лист	Маса	Масштаб	
Розроб.	Болмачевська	В.В.	В.В.	В.В.	0,3	1:1	
Дір.	Водченко В.І.						
Т. кондр.							
Н. кондр.							
Умб.							
13Х14НВ2ФР ГОСТ 5632-72				НТУУ "КПІ ім Ігоря Сікорського"			
Копія				Формат А2			



1. *Розміри для довідок
2. Матеріал різальної пластини твердий сплав ТТ7К12 ГОСТ 3882

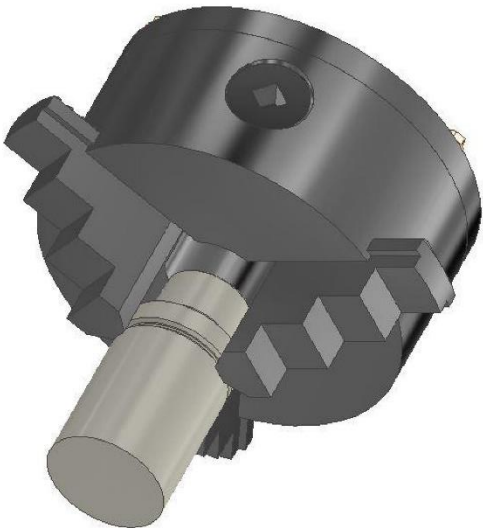
					ДП МІ.6103.04.000 ТК			
					Збірний кресленик	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1:1
Разраб.	Болячевець Я							
Пров.	Адаменко Ю.І.							
Т. контр.						Лист	Листов	1
Нач. отд.						НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"		
Н. контр.								
Утв.								



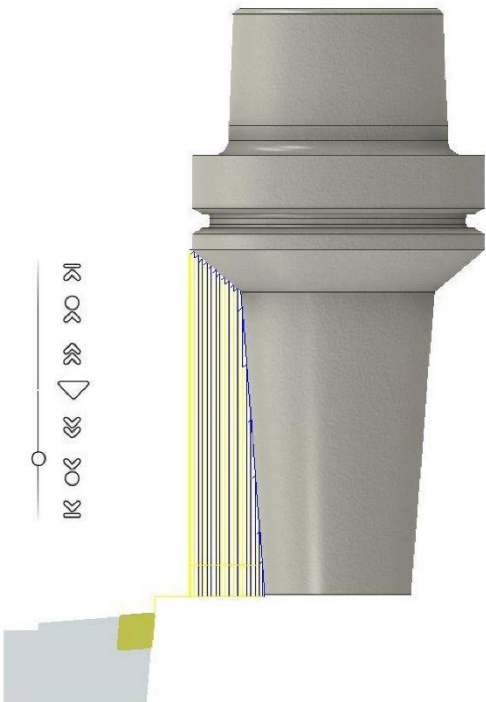


Обробка на верстаті з ЧПК

Закріплення заготовки на верстаті



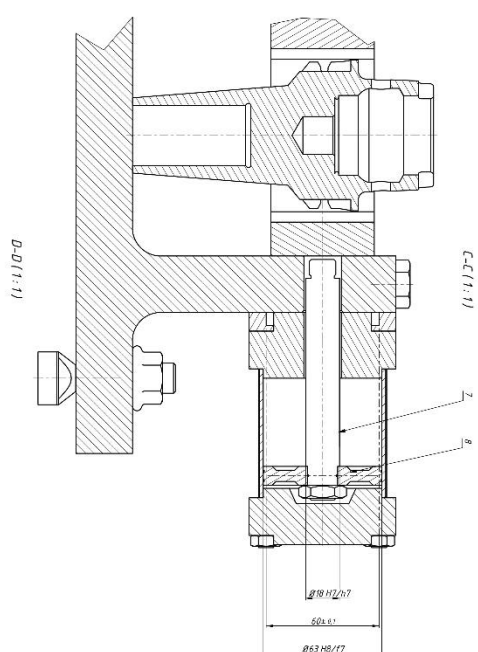
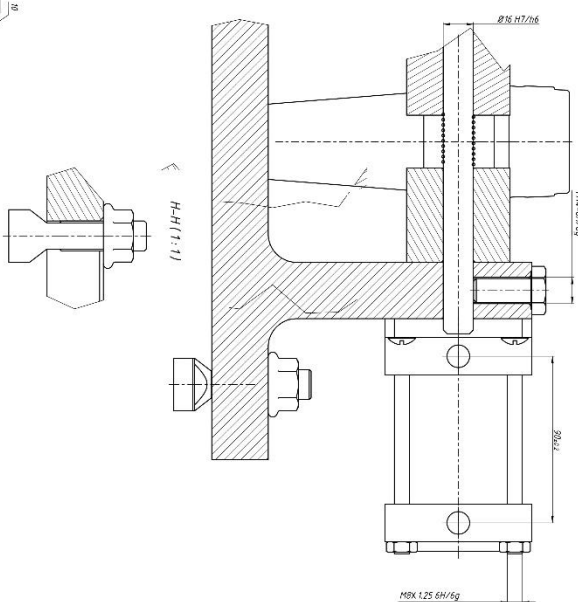
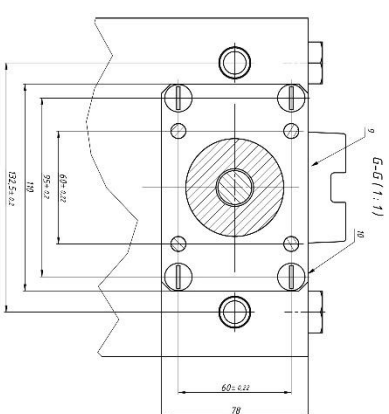
3D симуляція обробки точінням конусу



Задані режими різання

№	V м/хв	S мм/об
030	48	0.6

%		
01001 ()		
N10 G98 G18	N48 X718	N89 G1 Z-79.543 F0.6
N11 G21	N49 G1 Z-90.833 F0.6	N90 X53.136 Z-82.945
N12 G50 S6000	N50 X74.2 Z-91.847	N91 X55. Z-83.733
N13 G28 U0.	N51 X76.2 Z-90.847	N92 X57. Z-82.733
(1)		
N14 T04.00	N52 G0 Z0.6	N93 G0 Z0.6
N15 G54	N53 X69.4	N94 X50.2
N16 M8	N54 G1 Z-89.818 F0.6	N95 G1 Z-64.295 F0.6
N17 G99	N55 X71.8 Z-90.833	N96 X52.6 Z-79.543
N18 G97 S146 M3	N56 X73.8 Z-89.833	N97 X54.6 Z-78.543
N19 G0 X105. Z5.	N57 G0 Z0.6	N98 G0 Z0.6
N20 G50 S6000	N58 X67.	N99 X478
N21 G96 S48 M3	N59 G1 Z-88.804 F0.6	N100 G1 Z-49.048 F0.6
N22 G0 Z0.6	N60 X69.4 Z-89.818	N101 X50.2 Z-64.295
N23 X83.8	N61 X71.4 Z-88.818	N102 X52.2 Z-63.295
N24 G1 Z-94.189 F0.6	N62 G0 Z0.6	N103 G0 Z0.6
N25 X86.2	N63 X64.6	N104 X45.4
N26 G0 Z0.6	N64 G1 Z-87.79 F0.6	N105 G1 Z-33.8 F0.6
N27 X81.4	N65 X67. Z-88.804	N106 X47.8 Z-49.048
N28 G1 Z-94.189 F0.6	N66 X69. Z-87.804	N107 X49.8 Z-48.048
N29 X83.8	N67 G0 Z0.6	N108 G0 Z0.6
N30 X85.8 Z-93.189	N68 X62.2	N109 X43.
N31 G0 Z0.6	N69 G1 Z-86.776 F0.6	N110 G1 Z-18.553 F0.6
N32 X79.	N70 X64.6 Z-87.79	N111 X45.4 Z-33.8
N33 G1 Z-93.875 F0.6	N71 X66.6 Z-86.79	N112 X47.4 Z-32.8
N34 X79.743 Z-94.189	N72 G0 Z0.6	N113 G0 Z0.6
N35 X81.4	N73 X59.8	N114 X41.598
N36 X83.4 Z-93.189	N74 G1 Z-85.762 F0.6	N115 G1 Z-9.645 F0.6
N37 G0 Z0.6	N75 X62.2 Z-86.776	N116 X43. Z-18.553
N38 X76.6	N76 X64.2 Z-85.776	N117 X45. Z-17.553
N39 G1 Z-92.861 F0.6	N77 G0 Z0.6	N118 G0 Z0.6
N40 X79. Z-93.875	N78 X57.4	N119 X40.196
N41 X81. Z-92.875	N79 G1 Z-84.747 F0.6	N120 G1 Z-0.737 F0.6
N42 G0 Z0.6	N80 X59.8 Z-85.762	N121 X41.598 Z-9.645
N43 X74.2	N81 X61.8 Z-84.762	N122 X43.598 Z-8.645
N44 G1 Z-91.847 F0.6	N82 G0 Z0.6	N123 G0 X86.2
N45 X76.6 Z-92.861	N83 X55.	N124 Z0.6
N46 X78.6 Z-91.861	N84 G1 Z-83.733 F0.6	N125 X105.
N47 G0 Z0.6	N85 X57.4 Z-84.747	N126 Z5.
	N86 X59.4 Z-83.747	N127 G97 S146 M3
	N87 G0 Z0.6	N128 M9
	N88 X52.6	N129 G28 U0. W0.
		N130 M30
		%



1. *Примечание для читателей
2. Цена за единицу измерения 2053 Н
3. Цена за единицу измерения 50 мм
4. Процентная часть от общего объема 0,01%
5. Вывод на экран информации, на основании которой выводится информация на экран

[illegible]